



Tesis - RE142541

Pengolahan Limbah *Laundry* dengan Menggunakan Tanaman Kenaf (*Hibiscus cannabinus* L.)

LUQMAN HAKIM
3314201004

DOSEN PEMBIMBING
Prof. Dr. Ir. Sarwoko Mangkoedihardjo, MSc.Es.

PROGRAM MAGISTER
BIDANG KEAHLIAN REKAYASA PENGENDALIAN LINGKUNGAN
JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2016



Thesis - RE142541

LAUNDRY WASTE TREATMENT USING KENAF **(*Hibiscus cannabinus* L.)**

LUQMAN HAKIM
3314201004

ADVISOR
Prof. Dr. Ir. Sarwoko Mangkoedihardjo, MSc.Es.

MAGISTER PROGRAM
ENVIRONMENTAL ENGINEERING PROGRAM
FACULTY OF CIVIL ENGINEERING AND PLANNING
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2016

LEMBAR PENGESAHAN TESIS

Tesis ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar

Magister Teknik (MT)

Di

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

Luqman Hakim

NRP. 3314 201 004

Tanggal Ujian : 07 Januari 2016

Periode wisuda : Maret 2016

Disetujui Oleh :


Prof. Dr. Ir. Sarwoko Mangkoedihardjo, MSc.Es.


NIP. 19540824 198403 1 001

(Pembimbing)


Bieby Voiyant T, ST, MT, PhD

NIP. 19710818 199703 2 001

(Penguji)


Harmin S. Titah, ST, MT, Ph.D

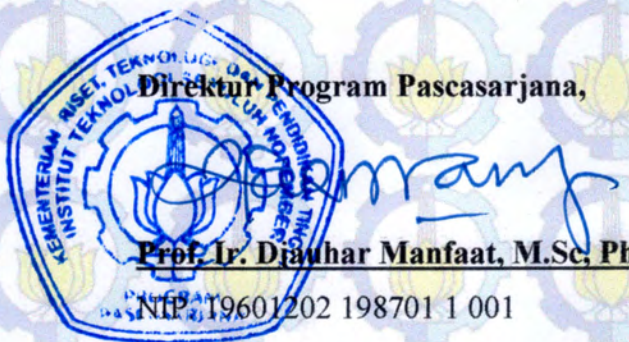
NIP. 19750523 200212 2 001

(Penguji)


Dr. Ir. Rachmat Boedisantoso, MT

NIP. 19660116 199703 1 001

(Penguji)


Direktur Program Pascasarjana,

Prof. Ir. Drauhar Manfaat, M.Sc, Ph.D

NIP. 19601202 198701 1 001

PENGOLAHAN LIMBAH *LAUNDRY* DENGAN MENGGUNAKAN TANAMAN KENAF (*Hibiscus cannabinus* L.)

Nama Mahasiswa : Luqman Hakim
NRP : 3314201004
Pembimbing : Prof. Dr. Ir. Sarwoko Mangkoedihardjo, MSc.Es.

ABSTRAK

Salah satu pencemaran lingkungan di perairan yaitu limbah domestik termasuk yang berasal dari limbah *laundry*. Limbah *laundry* langsung disalurkan ke saluran drainase yang akhirnya akan mengalir ke badan air. Salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk mengolah limbah *laundry* yaitu metode *phytotreatment* menggunakan tanaman Kenaf (*Hibiscus cannabinus* L.). Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan nilai penyisihan BOD, COD dan fosfat pada limbah *laundry* dengan menggunakan tanaman Kenaf; dan mendapatkan respon pertumbuhan Kenaf terhadap paparan limbah *laundry*.

Penelitian utama dilakukan selama 28 hari. Variabel yang diujikan yaitu variasi konsentrasi limbah *laundry*, varietas tanaman Kenaf KR 12 dan KR 15, dan umur tanaman kenaf 30 hari dan 45 hari. Hasil Penelitian menunjukkan bahwa tanaman Kenaf memiliki kemampuan dalam penyisihan BOD, COD, dan fosfat. Efisiensi penyisihan tertinggi terjadi di tanaman Kenaf KR15 umur 45 pada paparan limbah *laundry* konsentrasi rendah yaitu sebesar 69,94% penyisihan BOD, 71,22% penyisihan COD, dan 63,26% penyisihan fosfat. Tanaman Kenaf tetap mengalami peningkatan pertumbuhan selama paparan limbah *laundry*.

Kata kunci : BOD, COD, fosfat, *laundry*, kenaf.

LAUNDRY WASTE TREATMENT USING KENAF (*Hibiscus cannabinus* L.)

Student : Luqman Hakim
Student ID Number : 3314201004
Supervisor : Prof. Dr. Ir. Sarwoko Mangkoedihardjo, MSc.Es.

ABSTRACT

One of the environment polluters in the waters is domestic waste including laundry waste. Almost all laundry business services has no sewage treatment plant. Laundry waste discharged into the sewers and river. A chosen treatment that can be done to treat laundry waste is phytotreatment using Kenaf (*Hibiscus cannabinus* L.). This study aimed to get the removal value of BOD, COD, phosphate in laundry waste using kenaf and get kenaf growth response. The main study was conducted during 28 days. The research variables were laundry waste concentration level (high concentration and low concentration), variety of Kenaf (Kenaf KR 12 and KR 15), and age of Kenaf (30 days and 45 days). Result showed Kenaf (*Hibiscus cannabinus* L.) had capability to remove BOD, COD, and phosphate of laundry waste while increasing its biomass. The most efficient for laundry waste treatment is Kenaf KR15 age of 45 days exposed low concentration laundry waste with 69.94% BOD removal, 71.22% COD removal, and 63.26% phosphate removal.

Keywords : BOD, COD, phosphate, laundry, Kenaf.

KATA PENGANTAR

Puji syukur penyusun panjatkan ke khadirat Allah SWT atas segala karunia-Nya, laporan tesis ini dapat diselesaikan tepat pada waktunya. Tesis dengan judul “**Pengolahan Limbah Laundry Dengan Menggunakan Tanaman Kenaf (*Hibiscus cannabinus* L.)**” disusun dalam rangka memenuhi persyaratan kelulusan Program Magister Teknik Lingkungan ITS. Selama penyusunan Tesis ini banyak pihak yang telah memberikan dukungan, baik moral maupun spiritual oleh karena itu penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Ir. Sarwoko Mangkoedihardjo, MSc.Es. selaku dosen pembimbing dan dosen wali yang telah memberikan banyak masukan, bimbingan, dan motivasi selama penelitian sehingga dapat terselesaikan.
2. Ibu Bieby Voijant T, ST, MT, PhD, Ibu Harmin Sulistyaning T, ST, MT, PhD, dan Bapak Dr. Ir. Rachmat BS, MT selaku dosen penguji atas waktu, kritikan, dan saran yang diberikan dalam setiap ujian sehingga bermanfaat dalam pengembangan materi Tesis.
3. Bapak, Ibu, Adik, dan keluarga di rumah yang telah memberikan dukungan materil, doa, dan semangat sehingga laporan Tesis ini dapat terselesaikan.
4. Teman-teman Magister Teknik Lingkungan ITS Angkatan 2014 yang selalu memberikan saran, nasehat dan dukungannya.

Penulis berharap semoga laporan Tesis ini dapat bermanfaat bagi banyak pihak. Laporan Tesis ini masih jauh dari sempurna sehingga kritikan maupun saran senantiasa penulis harapkan.

Surabaya, Januari 2016

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
Halaman Sampul	
Halaman Judul.....	i
Lembar Pengesahan	ii
Kata Pengantar	iii
Abstrak	iv
Daftar Isi.....	v
Daftar Gambar.....	vi
Daftar Tabel	vii
Daftar Lampiran.....	viii
I. PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Ruang Lingkup Penelitian.....	4
II. KAJIAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI	
2.1 Limbah <i>Laundry</i>	5
2.2 Fosfat dalam Detergen	7
2.3 <i>Chemichal Oxygen Demand</i> (COD)	8
2.4 <i>Biological Oxygen Demand</i> (BOD)	9
2.5 <i>Phytotreatment</i>	11
2.6 Tanaman Kenaf (<i>Hibiscus cannabinus</i> L.).....	13
III. METODA PENELITIAN	
3.1 Gambaran Umum	17
3.2 Kerangka Penelitian	17
3.3 Langkah Penelitian.....	19
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	29
4.1 Pertumbuhan Tanaman Kenaf.....	29
4.2 Uji Karakteristik Limbah <i>Laundry</i>	32
4.3 <i>Range finding test</i> (RFT)	33
4.4 <i>Phytotreatment</i>	34
4.4.1 Penyisihan BOD.....	35
4.4.2 Penyisihan COD	37
4.4.3 Penyisihan Fosfat	40
4.4.4 Respon Pertumbuhan	42
4.4.5 Berat Basah dan Berat Kering.....	46
4.4.6 pH.....	50
V. KESIMPULAN DAN SARAN	53
DAFTAR PUSTAKA	55
LAMPIRAN	57
BIOGRAFI PENULIS	67

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Mekanisme fisiologi tumbuhan	13
Gambar 2.2 Tanaman Kenaf (<i>Hibiscus cannabinus</i> L.)	15
Gambar 2.3 Tanaman Kenaf Varietas Karang Ploso 12 (KR12)	15
Gambar 2.4 Tanaman Kenaf Varietas Karang Ploso 15 (KR15)	16
Gambar 3.1 Kerangka penelitian	20
Gambar 3.2 Reaktor <i>range finding test</i>	22
Gambar 3.3 Reaktor uji <i>phytotreatment</i> tampak atas	22
Gambar 3.4 Reaktor uji <i>phytotreatment</i> tampak samping	22
Gambar 4.1 Pertumbuhan tinggi tanaman kenaf	30
Gambar 4.2 Bentuk daun kenaf	30
Gambar 4.3 Akar tanaman kenaf	31
Gambar 4.4 Pertumbuhan jumlah daun tanaman kenaf	32
Gambar 4.5 Uji Tahap <i>Range Finding Test</i>	34
Gambar 4.6 Reaktor uji <i>Phytotreatment</i>	35
Gambar 4.7 Penyisihan BOD	35
Gambar 4.8 Penyisihan COD	38
Gambar 4.9 Penyisihan fosfat	40
Gambar 4.10 Tinggi kenaf terpapar limbah konsentrasi tinggi	43
Gambar 4.11 Tinggi kenaf terpapar limbah konsentrasi rendah	43
Gambar 4.12 Jumlah daun kenaf terpapar limbah konsentrasi tinggi	45
Gambar 4.13 Jumlah daun kenaf terpapar limbah konsentrasi rendah	45
Gambar 4.14 Berat basah kenaf pada awal dan akhir penelitian	47
Gambar 4.15 Berat kering kenaf pada awal dan akhir penelitian	48
Gambar 4.16 Kadar air tanaman kenaf pada akhir penelitian	48
Gambar 4.17 pH pada limbah <i>laundry</i>	50



DAFTAR TABEL

Halaman

Tabel 2.1 Kandungan Limbah <i>Laundry</i>	6
Tabel 2.2 Baku Mutu Air Limbah Kegiatan <i>Laundry</i>	6
Tabel 4.1 Kandungan Limbah Laundry 100%, 75%, 50%, dan 25%	33
Tabel 4.2 Berat Basah dan Berat Kering Tanaman Kenaf	47

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Salah satu pencemaran lingkungan di perairan yaitu limbah domestik yang bersifat cair, berasal dari buangan limbah yang mengandung deterjen, seperti limbah rumah tangga, rumah makan, dan *laundry*. Jasa *laundry* berkembang pesat terutama di daerah pemukiman. Sebagian besar usaha *laundry* tersebut tidak memiliki instalasi pengolahan air limbah. Air limbah yang dihasilkan langsung disalurkan ke saluran drainase yang akhirnya akan mengalir ke badan air.

Deterjen merupakan suatu senyawa sintetis zat aktif muka (surface active agent) yang dipakai sebagai zat pencuci yang baik untuk keperluan rumah tangga, industri tekstil, kosmetik, obat-obatan, logam, kertas, dan karet. Deterjen memiliki sifat pendispersi, pencucian dan pengemulsi. Penyusun utama senyawa ini adalah *Dodecyl Benzene Sulfonat* (DBS) yang memiliki kemampuan untuk menghasilkan busa. Deterjen mengandung sekitar 25 macam bahan (*ingredient*) yang dapat dikelompokkan sebagai: 1) surfaktan; 2) *builder*; 3) *bleaching agents*; dan 4) *additives*. Tiap komponen tersebut mempunyai peran spesifik dalam proses pencucian.

Karakteristik limbah laundry sebagian besar melebihi baku mutu yang ditetapkan dalam Peraturan Gubernur Jatim (2013) tentang baku mutu air limbah kegiatan *laundry*. Nilai *Biological Oxygen Demand* (BOD) dan *Chemical Oxygen Demand* (COD) yang tinggi yaitu masing-masing mencapai 860,89 mg/L dan 3026,57 mg/L dapat menyebabkan organisme aerob membutuhkan lebih banyak oksigen untuk aktif memecah atau mengoksidasi bahan-bahan organik yang terdapat dalam air limbah. Hal demikian membuat kondisi anaerob sehingga membuat air berbau busuk, kehidupan biota air terganggu, menimbulkan gangguan estetika, dan dapat menimbulkan spesies penyebab penyakit, serta menyebabkan oksigen berkurang, akibatnya spesies makhluk hidup air akan berkurang sehingga

mengganggu ekosistem (Yahya, 2010). Salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk mengolah limbah *laundry* adalah dengan metode *phytotreatment*. Penelitian kali ini menggunakan tanaman kenaf (*Hibiscus cannabinus* L.).

Phytotreatment adalah pemanfaatan tumbuhan untuk meminimalisasi dan mendetoksifikasi polutan, karena tanaman mempunyai kemampuan menyerap logam dan mineral yang tinggi atau sebagai fitoakumulator dan fitochelator. Konsep pemanfaatan tumbuhan dan mikroorganisme untuk meremediasi tanah yang terkontaminasi polutan adalah pengembangan terbaru dalam teknik pengolahan limbah (Rossiana *et al.*, 2007).

Tanaman mempunyai kemampuan untuk menyerap dan menyimpan unsur unsur logam, limbah organik, dan limbah anorganik yang mencemari lingkungan, sehingga menjadikan pencemar dapat dihilangkan dari lingkungan tanah yang tercemar. Tanaman kenaf (*Hibiscus cannabinus* L.) yang memiliki kemampuan adaptasi yang baik terhadap iklim dan tanah. Tanaman ini toleran terhadap garam, tetapi sensitif terhadap hilangnya air. Pada penelitian terdahulu didapatkan hasil bahwa tanaman kenaf toleran terhadap bahan pencemar. Penelitian Samudro dan Mangkoedihardjo (2014) juga menunjukkan bahwa tanaman kenaf mampu mereduksi bahan organik dan logam berat.

Salah satu varietas terbaik tanaman kenaf adalah varietas Karang Ploso 12 (KR12) yang memiliki kekuatan serat yang baik, moderat terhadap jasa, rentan terhadap nematode air, dan tahan terhadap genangan air. Sedangkan varietas lain adalah KR15 memiliki keunggulan pada umur panen, grade serat, kehalusan serat, reneamen serat, dan produktifitas hasil. Umur tanaman juga berpengaruh dalam proses pengolahan unsur organik, hal ini terkait dengan biomassa dari tanaman sebagai bioakumulator.

Latar belakang di atas menunjukkan bahwa perlu ada penanganan terhadap limbah *laundry*, maka dilakukan penelitian tentang treatment limbah *laundry* menggunakan tanaman kenaf (*Hibiscus cannabinus* L.). Penelitian ini diharapkan mendapatkan nilai penyisihan BOD, COD, dan fosfat dalam limbah *laundry* dengan

menggunakan tanaman kenaf dengan varietas kenaf KR12 dan KR15, dan mendapatkan respons pertumbuhan tanaman kenaf terhadap paparan limbah *laundry*. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi salah satu alternatif pengolahan limbah *laundry* yang mudah, murah, dan ramah lingkungan.

1.2 Perumusan Masalah

1. Menganalisa penyisihan BOD, COD, dan fosfat pada limbah *laundry* dengan menggunakan tanaman Kenaf.
2. Menganalisa pertumbuhan tanaman Kenaf terhadap paparan limbah *laundry*.

1.3 Tujuan Penelitian

1. Mendapatkan nilai penyisihan BOD, COD, dan fosfat pada limbah *laundry* dengan menggunakan tanaman Kenaf.
2. Mendapatkan respon pertumbuhan tanaman kenaf terhadap paparan limbah *laundry*.

1.4 Manfaat Penelitian

1. Memperoleh informasi mengenai kemampuan tanaman kenaf (*Hibiscus cannabinus* L.) dalam penyisihan BOD, COD, dan fosfat pada limbah *laundry*.
2. Memperoleh informasi mengenai respon pertumbuhan tanaman Kenaf terhadap paparan limbah *laundry*.
3. Merekomendasikan salah satu metode pengolahan limbah *laundry* yang mudah, murah, dan ramah lingkungan.

1.5 Ruang Lingkup Penelitian

Ruang lingkup memiliki tujuan untuk membatasi masalah yang akan dibahas pada penelitian ini. Tesis ini memiliki ruang lingkup penelitian sebagai berikut:

1. Lokasi pengambilan limbah *laundry* yaitu di usaha laundry di jalan Pulo Wonokromo No.68 Surabaya Jawa Timur.
2. Penelitian dilakukan di Rumah Kaca dan Laboratorium Teknik Lingkungan ITS Surabaya.
3. Tanaman yang akan digunakan sebagai tanaman uji adalah Tanaman Kenaf (*Hibiscus cannabinus* L.) yang diambil dari Balai Tanaman Pemanis dan Serat (BALITTAS) Malang.
4. Uji utama *Phytotreatment* akan dilakukan selama 28 hari dengan pengamatan parameter sekali dalam 7 hari.
5. Variabel yang diujikan yaitu variasi limbah *laundry* konsentrasi tinggi dan konsentrasi rendah, variasi varietas tanaman Kenaf (KR12 dan KR15), dan variasi umur tanaman Kenaf (30 hari dan 45 hari).
6. Parameter yang diukur adalah
 - a. *Biological Oxygen Demand* (BOD)
 - b. *Chemical Oxygen Demand* (COD)
 - c. Konsentrasi fosfat limbah *laundry* di outlet pengolahan
 - d. Pertumbuhan tanaman Kenaf (tinggi tanaman dan jumlah daun)
 - e. Berat basah dan berat kering tanaman Kenaf
 - f. pH

BAB 2

KAJIAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

2.1 Limbah *Laundry*

Salah satu faktor pencemaran lingkungan di perairan yaitu limbah domestik cair yang berasal dari buangan limbah *laundry* yang mengandung deterjen. Detergen merupakan senyawa sabun yang terbentuk melalui proses kimia. Umumnya komponen utama penyusun detergen adalah Natrium Dodecyl Benzen Sulfonat (NaDBS) dan Sodium Tripolyphosphat (STPP) yang bersifat sangat sulit terdegradasi secara alamiah (Hermawati *et al.*, 2005).

Limbah *laundry* yang dihasilkan oleh detergen mengandung fosfat yang tinggi. Fosfat ini berasal dari Sodium Tripolyphosphate (STPP) yang merupakan salah satu bahan yang kadarnya besar dalam detergen. STPP ini berfungsi sebagai *builder* yang merupakan unsur terpenting kedua setelah surfaktan karena kemampuannya menonaktifkan mineral kesadahan dalam air sehingga detergen dapat bekerja secara optimal (Hera, 2003).

Detergen merupakan suatu senyawa sintetis zat aktif muka (*surface active agent*) yang dipakai sebagai zat pencuci yang baik untuk keperluan rumah tangga, industri tekstil, kosmetik, obat-obatan, logam, kertas, dan karet. Detergen memiliki sifat pendispersi, pencucian dan pengemulsi. Penyusun utama senyawa ini adalah Dodecyl Benzene Sulfonat (DBS) yang memiliki kemampuan untuk menghasilkan busa (Ginting, 2007).

Surfaktan yang digunakan dalam deterjen adalah jenis anionik dalam bentuk sulfat dan sulfonat. Surfaktan sulfonat yang dipergunakan adalah *Alkyl Benzene Sulfonate* (ABS) dan *Linear Alkyl Sulfonate* (LAS). Lingkungan perairan yang tercemar limbah deterjen kategori keras ini dalam konsentrasi tinggi dapat membahayakan kehidupan (Pratiwi *et al.*, 2012).

Detergen merupakan bahan utama yang digunakan dalam kegiatan laundry. Bahan aktif yang banyak terkandung pada pelembut pakaian dan deterjen adalah kwaterner ammonium klorida, LAS, sodium dodecyl benzene sulfonate, natrium karbonat, natrium fosfat, alkilbenzena sulfonate. Bahan tersebut merupakan bahan yang ramah lingkungan dan biodegradable. Namun bila keberadaannya di badan air berlebihan, limbah *laundry* berpotensi menjadi pencemar (Puspitahati, 2012).

Bleaching agents yang banyak digunakan biasanya adalah senyawa-senyawa peroksida. Aditif merupakan bagian terkecil dari deterjen yang dapat berupa enzim, senyawa anti redeposisi seperti *Carboxyl Methyl Cellulose* (CMC), *Carboxyl Methyl Starch* (CMS), senyawa pengatur busa (*foam regulator*) seperti *Fatty Acid Amides* dan *Fatty Acid Alkanolamine* (Ciabatti *et al.*, 2009).

Pemutih, air sorftener, surfaktan merupakan bahan terpenting pada detergen laundry. Kandungan limbah *laundry* yang sangat kotor mengandung mineral oil, logam berat, dan senyawa berbahaya di mana nilai *Chemical Oxygen Demand* mencapai 1200 sampai 20.000 mg O₂/L. Limbah *laundry* dari hotel, nilai COD mencapai 600-2500 mg O₂/L. Kandungan limbah laundry dapat dilihat pada tabel 2.1:

Tabel 2.1 Kandungan Limbah *Laundry*

Parameter	Kondisi Limbah <i>Laundry</i>	Konsentrasi batas pada emisi air
Temperatur (°C)	62	30
pH	9.6	6.5-9
<i>Suspended substances</i> (mg/L)	35	80
<i>Sediment substances</i> (mg/L)	2	0.5
Cl ₂ (mg/L)	0.1	0.2
Total nitrogen (mg/L)	2.75	10
Nitrogen ammonia (mg/L)	2.45	5
Total pospat (mg/L)	9.9	1
COD (mg O ₂ /L)	280	200
BOD ₅ (mg O ₂ /L)	195	30
Mineral oil (mg/L)	4.8	10
AOX (mg/L)	0.12	0.5
<i>Anionic surfactant</i> (mg/L)	10.1	1

(Sulistiyani dkk., 2010)

Tabel 2.2 Baku Mutu Air Limbah Kegiatan *Laundry*

Volume Air Limbah Maximum per satuan produk 16 liter/ kg cucian	
Parameter	Kadar Maximum (mg/l)
BOD5	100
COD	250
TSS	100
Minyak dan Lemak	10
MBAS (Detergent)	10
Fosfat (sebagai P_2O_4)	10
pH	6-9

(Peraturan Gubernur Jatim No. 72, 2013)

2.2 Fosfat dalam Detergen

Bahan yang paling penting dalam pembuatan deterjen adalah fosfat, namun kadar fosfat yang berlebih akan mengganggu keberadaan air tanah dan apabila manusia mengkonsumsi air tersebut, lama kelamaan akan merusak fungsi ginjal kemudian mengalami penyakit gagal ginjal (Yuniarti dkk., 2008). Keberadaan fosfat yang berlebihan di badan air menyebabkan suatu fenomena yang disebut eutrofikasi (pengkayaan nutrien). Air limbah yang dibuang harus diolah terlebih dahulu untuk mengurangi kandungan fosfat sampai pada nilai tertentu (baku mutu *effluent* 2 mg/l).

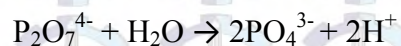
Kandungan fosfat dalam deterjen berasal dari *Sodium Tripolyphosphate* (STTP) yang merupakan salah satu bahan dalam deterjen. Fosfat berfungsi sebagai *builder* yang merupakan unsur penting kedua setelah surfaktan karena dapat menghilangkan mineral sadah dalam air sehingga deterjen dapat bekerja secara optimal (Stefhany *et al.*, 2013).

Bentuk-bentuk penting fosfat dalam air limbah adalah fosfor organik, polifosfat dan ortofosfat. Fosfat organik dapat terjadi dari ortofosfat yang terlarut melalui proses biologis karena baik bakteri maupun tanaman menyerap fosfat bagi pertumbuhannya. Polifosfat banyak digunakan dalam pembuatan deterjen sintetis. Polifosfat berasal dari air buangan penduduk dan industri yang menggunakan deterjen mengandung fosfat. Komponen fosfat adalah salah satu pembentuk deterjen

sebagai pembentuk buih, sedangkan fosfat organik terdapat pada air limbah domestik (tinja) dan sisa makanan. Fosfat organik dapat terbentuk dari orthofosfat yang terlarut melalui proses biologis karena baik bakteri maupun tanaman dapat menyerap fosfat bagi pertumbuhannya. Adanya fosfat dalam air limbah dapat menghambat penguraian pada proses biologis (Kim *et al.*, 2014).

Komponen fosfat dipergunakan untuk membuat sabun sebagai pembentuk buih. Adanya fosfat dalam air limbah dapat menghambat penguraian pada proses hayati. Fosfat kompleks mewakili kira-kira separuh dari fosfat air limbah perkotaan dan berasal dari penggunaan bahan-bahan detergen sintetis. Fosfat kompleks mengalami hidrolisa selama pengolahan biologis menjadi bentuk ortofosfat (PO_4^{3-}). Dari konsentrasi rata-rata fosfor keseluruhan sebanyak 10 mg/l berada dalam air limbah perkotaan, kira-kira 10 % dibuang sebagai bahan tak terpakai selama pengendapan primer dan 10 % hingga 20 % lainnya digabungkan ke dalam sel-sel bakteri selama pengolahan biologis. Sisa yang 70 % dari fosfor yang masuk pada umumnya dilepaskan bersama buangan instalasi sekunder (Budi, 2006).

Limbah *laundry* yang dihasilkan oleh detergen mengandung fosfat yang tinggi. Fosfat ini berasal dari Sodium Tripolyphosphate (STPP) yang merupakan salah satu bahan yang kadarnya besar dalam detergen. STPP ini berfungsi sebagai *builder* yang merupakan unsur terpenting kedua setelah surfaktan karena kemampuannya menonaktifkan mineral kesadahan dalam air sehingga detergen dapat bekerja secara optimal. STPP ini akan terhidrolisa menjadi PO_4 dan P_2O_7 yang selanjutnya juga terhidrolisa menjadi PO_4 (Hera, 2003). Reaksinya adalah sebagai berikut



2.3 Chemical Oxygen Demand (COD)

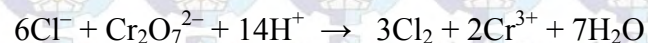
Chemical Oxygen Demand (COD) merupakan jumlah total oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi bahan organik secara kimiawi, baik yang dapat didegradasi secara biologis maupun yang sukar didegradasi secara biologis menjadi

CO₂ dan H₂O. Pengukuran COD didasarkan pada kenyataan bahwa hampir semua bahan organik dapat dioksidasi menjadi karbon dioksida dan air dengan bantuan oksidator kuat (kalium dikromat/K₂Cr₂O₇) dalam suasana asam. Dengan penggunaan dikromat sebagai oksidator, diperkirakan sekitar 95%-100% bahan organik dapat dioksidasi. Keuntungan utama uji COD adalah sedikitnya waktu yang dibutuhkan untuk mengevaluasi, 96% hasil uji COD yang dilakukan selama 10 menit akan setara dengan hasil uji BOD selama 5 hari (Nasution, 2013).

Angka COD merupakan ukuran bagi pencemaran air oleh zat-zat organik yang secara alamiah dapat dioksidasi melalui proses mikrobiologis dan mengakibatkan berkurangnya oksigen dalam air. Oksidasi terhadap bahan buangan organik akan mengikuti reaksi berikut ini:



Reaksi tersebut perlu pemanasan dan juga penambahan katalisator perak sulfat (Ag₂SO₄) untuk mempercepat reaksi. Apabila dalam bahan buangan organik diperkirakan ada unsur *Chlorida* yang dapat mengganggu reaksi maka perlu ditambahkan merkuri sulfat untuk menghilangkan gangguan tersebut. *Chlorida* dapat mengganggu karena akan ikut teroksidasi oleh kalium Bichromat sesuai dengan reaksi berikut ini:



Apabila dalam larutan air lingkungan terdapat *Chlorida*, maka oksigen yang diperlukan pada reaksi tersebut tidak menggambarkan keadaan sebenarnya. Seberapa jauh tingkat pencemaran oleh bahan buangan organik tidak dapat diketahui secara benar. Penambahan merkuri sulfat adalah untuk mengikat ion *Chlor* menjadi merkuri *Chlorida* mengikuti reaksi berikut ini:



Warna larutan air lingkungan yang mengandung bahan buangan organik sebelum reaksi oksidasi adalah kuning. Setelah reaksi oksidasi selesai maka akan berubah menjadi hijau. Jumlah oksigen yang diperlukan untuk reaksi oksidasi terhadap bahan buangan organik sama dengan jumlah kalium *bichromat* yang dipakai pada reaksi tersebut diatas. Makin banyak kalium *bichromat* yang dipakai pada reaksi

oksidasi, berarti makin banyak oksigen yang diperlukan. Ini berarti bahwa air lingkungan banyak tercemar oleh bahan buangan organik. Dengan demikian maka seberapa jauh tingkat pencemaran air lingkungan dapat ditentukan (Wardhana, 2001).

Nilai COD memberikan informasi tentang jumlah oksigen yang diperlukan untuk mengoksidasi senyawa organik menjadi karbondioksida dan air. Kalium dikromat ($K_2Cr_2O_7$) merupakan oksidator kuat yang biasa digunakan dalam analisis COD. Secara teoritis oksidator ini dapat mengoksidasi senyawa organik sampai hampir sempurna (95-100%) (Effendi, 2003). Angka COD merupakan ukuran bagi pencemaran air oleh zat-zat organik yang secara alamiah dapat dioksidasikan melalui proses mikrobiologis, dan mengakibatkan berkurangnya oksigen terlarut di dalam air.

2.4 Biological Oxygen Demand (BOD)

Biological Oxygen Demand (BOD) didefinisikan sebagai pengukuran pengurangan kadar oksigen di dalam air yang dikonsumsi oleh makhluk hidup (organisme) di dalam air selama periode 5 hari pada keadaan gelap (tidak terjadi proses fotosintesa). Pengurangan kadar oksigen ini disebabkan oleh kegiatan organisme mengkonsumsi atau mendegradasi senyawa organik dan nutrisi lain yang terdapat di dalam air. Air yang relatif bersih akan mengandung mikroorganisme relatif sedikit, sehingga pengurangan oksigen di dalam air selama periode 5 hari akan sedikit, sedangkan untuk air yang terpolusi dan mengandung banyak mikroorganisme bakteri akan mengkonsumsi banyak oksigen dalam proses degradasi senyawa organik dan nutrisi selama 5 hari sehingga pengurangan kadar oksigen menjadi sangat besar. Air yang tidak terpolusi misalnya ukuran BOD adalah 0,7 sedangkan untuk air yang terpolusi adalah BOD 200 atau lebih besar. Penentuan BOD sangat lambat yaitu membutuhkan waktu 5 sampai 10 hari (Situmorang, 2007).

Biological Oxygen Demand merupakan suatu analisis empiris yang mencoba mendekati secara global proses-proses mikrobiologis yang benar-benar di dalam air. Angka BOD adalah jumlah oksigen yang dibutuhkan oleh bakteri untuk menguraikan (mengoksidasi) hampir semua zat organik yang terlarut dan sebagian zat-zat organik

yang tersuspensi dalam air. Jika suatu badan air tercemar oleh zat-zat organik, bakteri tersebut dapat menghabiskan oksigen terlarut dalam air selama proses oksidasi tersebut yang bisa mengakibatkan kematian ikan-ikan dalam air dan keadaan menjadi anaerobik dan dapat menimbulkan bau busuk pada air tersebut. Pemeriksaan BOD didasarkan reaksi oksidasi zat organik dengan oksigen didalam air dan proses tersebut berlangsung karena adanya bakteri aerobik sebagai hasil oksidasi akan terbentuk karbon dioksida, air, dan amoniak. Atas dasar reaksi tersebut, yang memerlukan kira-kira 2 hari dimana 50% reaksi telah tercapai, 5 hari supaya 75% dan 20 hari supaya 100% tercapai, maka pemeriksaan BOD dapat digunakan untuk menafsirkan beban pencemaran zat organis (Salmin, 2005).

Analisis BOD dan COD dari suatu limbah akan menghasilkan nilai-nilai yang berbeda karena kedua uji mengukur bahan yang berbeda. Nilai COD selalu lebih tinggi dari nilai BOD. Perbedaan diantara kedua nilai disebabkan oleh banyak faktor seperti bahan kimia yang tahan terhadap oksidasi biokimia tetapi tidak tahan terhadap oksidasi kimia, seperti lignin, bahan kimia yang dapat dioksidasi secara kimia dan peka terhadap oksidasi biokimia tetapi dalam uji BOD 5 hari seperti selulosa, lemak berantai panjang, atau sel-sel mikroba, dan adanya bahan toksik dalam limbah yang mengganggu uji BOD tetapi tidak dengan COD.

Rasio BOD/COD tidak lebih dari sebuah indikator untuk dampak output dari zat organik yang berada pada air, limbah, lindi, kompos dan lain-lain baik dari alam maupun buatan. Ketika suatu limbah tingkat degradasinya semakin tinggi, maka rasio BOD/COD tersebut akan berbanding lurus menjadi semakin besar. Terdapat zona-zona pada rasio BOD/COD yang terbagi menjadi tiga, zona stabil, zona *biodegradable*, dan zona toksik. Rasio BOD/COD yang digunakan untuk proses biologis adalah di dalam range *biodegradable* yaitu 0,2-0,5 (Mangkoediharjo, 2010).

2.5 Phytotreatment

Phytotreatment adalah pemanfaatan tumbuhan, mikroorganisme untuk meminimalisasi dan mendetoksifikasi polutan, karena tanaman mempunyai kemampuan menyerap logam dan mineral yang tinggi atau sebagai fitoakumulator dan fitochelator. Konsep pemanfaatan tumbuhan dan mikroorganisme untuk meremediasi tanah yang terkontaminasi polutan adalah pengembangan terbaru dalam teknik pengolahan limbah (Rossiana *et al.*, 2007).

Penarikan/penyerapan polutan oleh akar tumbuhan berbeda untuk polutan organik dan anorganik. Polutan organik pada umumnya adalah buatan manusia dan ksenobiotik pada tumbuh-tumbuhan. Akibatnya tidak ada pembawa untuk senyawa-senyawa organik ke dalam membran tumbuhan. Polutan organik cenderung berpindah masuk ke jaringan tumbuhan melalui difusi sederhana dan juga bergantung pada sifat-sifat bahan kimia tersebut (Chojnacka *et al.*, 2005).

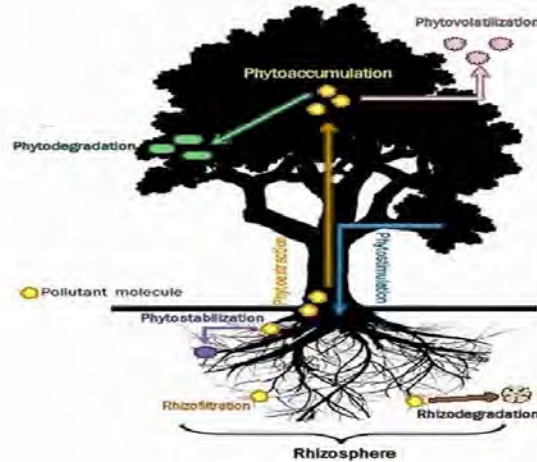
Sebaliknya polutan anorganik diserap dengan proses biologi lewat membran protein pembawa. Membran protein pembawa ini terjadi secara alamiah sebab polutan-polutan anorganik biasanya bergabung dengan nutrien-nutrien itu sendiri (nitrat, fosfat, Cu, Mn, Zn). Polutan anorganik pada umumnya berada dalam bentuk ion sehingga tidak dapat melewati membran tanpa bantuan membran protein pembawa. Pencemar anorganik yang terakumulasi dalam jaringan tumbuhan sering menyebabkan keracunan dan sekaligus merusak struktur dinding sel tumbuhan (Pilon-Smits, 2005).

Pemanfaatan tumbuhan untuk remediasi lingkungan sangat ditentukan oleh pemahaman tentang penyerapan logam serta penyerapan dan atau degradasi senyawa organik oleh tumbuhan. Tumbuhan harus bersifat hipertoleran agar dapat mengakumulasi sejumlah besar logam berat di dalam batang serta daun. Tumbuhan harus mampu menyerap logam berat dari dalam larutan tanah dengan laju penyerapan yang tinggi. Tumbuhan harus mempunyai kemampuan untuk mentranslokasi logam berat dan unsur organik/anorganik yang diserap akar ke bagian batang serta daun (Panjaitan, 2008).

Tidak semua jenis tanaman dapat digunakan untuk pengolahan limbah karena tidak semua tanaman dapat melakukan proses metabolisme, volatilisasi dan akumulasi semua polutan dengan mekanisme yang sama. Menurut Hardiani (2009), untuk menentukan tanaman yang dapat digunakan sebagai fitoakumulator dipilih tanaman yang memiliki sifat cepat tumbuh, mampu mengkonsumsi air dalam jumlah yang banyak pada waktu yang singkat dan mampu berifat akumulator kuat dari satu polutan. Tanaman mempunyai kemampuan untuk menahan substansi yang bersifat toksik dengan cara biokimia dan sifat fisiologisnya serta dapat menahan substansi non-nutritif organik yang dilakukan pada permukaan akar. Bahan pencemar tersebut akan dimetabolisme atau diimobilisasi melalui sejumlah proses termasuk reaksi oksidasi, reduksi dan hidrolisis enzim (Khan *et al.*, 2000).

Tumbuhan mempunyai kemampuan untuk menahan substansi toksik dengan cara biokimia dan fisiologisnya serta menahan substansi non nutritif organik yang dilakukan pada permukaan akar. Bahan pencemar tersebut akan dimetabolisme atau diimobilisasi melalui sejumlah proses termasuk reaksi oksidasi, reduksi dan hidrolisa enzimatis. Mekanisme fisiologi tumbuhan yaitu:

1. Fitoekstraksi : pemanfaatan tumbuhan pengakumulasi bahan pencemar untuk memindahkan logam berat atau senyawa organik dari tanah dengan cara mengakumulasikannya di bagian tumbuhan yang dapat dipanen.
2. Fitodegradasi : pemanfaatan tumbuhan dan asosiasi mikroorganisme untuk mendegradasi senyawa organik.
3. Rhizofiltrasi : pemanfaatan akar tumbuhan untuk menyerap bahan pencemar, terutama logam berat, dari air dan aliran limbah.
4. Fitostabilisasi : pemanfaatan tumbuhan untuk mengurangi bahan pencemar dalam lingkungan.
5. Fitovolatilisasi : pemanfaatan tumbuhan untuk menguapkan bahan pencemar, atau pemanfaatan tumbuhan untuk memindahkan bahan pencemar dari udara.



Gambar 2.2 Mekanisme fisiologi tumbuhan (Philon-Smith, 2005)

2.6 Tanaman Kenaf (*Hibiscus Cannabinus* L.)

Kenaf merupakan tanaman tegak, satu tahunan, tinggi tanaman liar mencapai 2 m, jika ditanam mencapai 5 m. Batang pipih, silindris, pada tanaman budidaya tidak bercabang dan gundul, pigmentasi seluruhnya hijau, hijau dengan merah atau ungu ataupun seluruhnya merah. Kenaf mempunyai adaptasi yang lebar terhadap iklim dan tanah. Tanaman ini tumbuh pada 45°N dan 30°S. Tanaman Kenaf toleran terhadap variasi temperatur harian antara 10°C dan 50°C, tetapi mati oleh salju. Tanaman ini tumbuh terbaik pada temperaur harian diatas 20°C dan curah hujan bulanan rata-rata 100-125 mm. Kenaf dapat tumbuh pada berbagai tanah, tetapi paling baik pada tanah lempung aluvial atau kolluvial berpasir, dengan pH 6-6.8. Tanaman ini toleran terhadap garam, tetapi sensitif terhadap hilangnya air (Kholida, 2014).



Gambar 2.1 Tanaman Kenaf (*Hibiscus cannabinus* L.)
(sumber: <http://balittas.litbang.pertanian.go.id>)

Klasifikasi dari tanaman kenaf adalah sebagai berikut:

- Kerajaan : Plantae
- Ordo : Malvales
- Famili : Malvaceae
- Genus : Hibiscus
- Spesies : *Hibiscus cannabinus* L.

Tanaman kenaf merupakan tanaman herba semusim dengan tipe pertumbuhan berbentuk semak tegak dan termasuk dalam tanaman hari pendek dan akan cepat berbunga bila panjang penyinaran matahari kurang dari 12 jam. Pertumbuhan optimal kenaf pada keadaan normal berkisar pada umur 60-90 hari dan bisa mencapai tinggi 4 m untuk tanaman yang tumbuh subur, namun tergantung dari varietas, kesuburan tanah, serta teknik budidayanya. Warna batang dibedakan menjadi 3 (tiga) kategori yaitu hijau, merah dan merah atau hijau tidak teratur. Warna dan kehalusan batang merupakan penciri utama suatu aksesori/varietas. Daun terletak berselang-seling (*alternate*) dan mempunyai bentuk dan warna yang bervariasi tergantung subspeciesnya (Kholida, 2014).

Sejak tahun 1995 – 2007 Balittas telah menghasilkan sebanyak 11 varietas unggul kenaf, diantaranya KR 11 untuk lahan bonorowo; KR 14 dan KR 15 untuk lahan podsolik merah kuning (PMK); dan KR 9 dan KR 12 untuk lahan kering. Varietas-varietas tersebut dapat ditanam pada semua musim karena kurang terpengaruh oleh panjang penyinaran sinar matahari (Kholida, 2014).

Perbanyakan kenaf umumnya secara generatif menggunakan biji. Biji kenaf biasanya berbentuk ginjal berdiameter sekitar 0,3 - 0,5 cm berwarna kelabu agak kecoklatan. Benih kenaf termasuk ke dalam benih ortodoks karena relatif toleran/tahan terhadap pengeringan sampai kadar air 5 - 6 % dan dapat disimpan pada suhu yang rendah. Benih kenaf dihasilkan dari kebun benih dengan persyaratan lahan harus subur, dekat sumber air, drainase baik, bebas dari organisme pengganggu tumbuhan (OPT). Tidak seperti tanaman lain, waktu tanam dan cara budidaya kenaf

untuk produksi serat dan benih berbeda sehingga memerlukan perlakuan dan penanganan yang berbeda mulai dari pemilihan/persiapan lahan sampai dengan panen dan pascapanen. Tanaman Kenaf mulai berbunga 12 minggu setelah tanam. Periode pembungaan dan pembuahan berlangsung tidak serempak. Panen benih yang baik dan efisien maka dilakukan apabila sekitar 75 % dari populasi tanaman kenaf buahnya sudah kering. Tiap tanaman dapat menghasilkan 15 - 100 kapsul tergantung pada varietas, kondisi iklim tanah dan cara bercocok tanam. Tiap kapsul berisi 15 - 25 biji. Benih kenaf yang telah dipanen dan digunakan sebagai bahan tanam harus melalui proses pengolahan yang meliputi penjemuran (batangan), perontokan benih, pembersihan benih, sortasi, pengeringan, dan pengemasan (Kholida, 2014).

Biji Kenaf berkecambah cepat dibawah kondisi lembab, tetapi kemampuan hidup yang tinggi selama lebih dari 1 tahun dengan menyimpan biji kering (kandungan kelembaban < 10%) di dalam kontainer kedap udara dan untuk beberapa tahun dengan menyimpannya pada temperatur dibawah 0 (-10°C). Temperatur optimum untuk perkecambahan biji Kenaf adalah 35°C, dengan temperatur dasar 10°C dan temperatur maksimum 46°C. Jarak tanam yang direkomendasikan bervariasi di tiap negara. Mereka secara umum sama dengan rami, yaitu antara 20-30 cm dan 5-10 cm di dalam garis.

2.6.1 Tanaman Kenaf Varietas Karang Ploso 12 (KR12)

Deskripsi karakteristik Kenaf KR12 (Gambar 2.2) adalah sebagai berikut :

- Nomor seleksi : Hc 85-9-66-2
- Asal : Persilangan Hc 48 x G4, Th. 1985
- Proses Pemuliaan : Seleksi pedigree
- Spesies : *Hibiscus cannabinus* L.
- Permukaan batang : Berduri sedikit
- Warna batang : Hijau
- Percabangan : Rudimenter (siwilan) banyak
- Bentuk daun : Menjari
- Umur berbunga : 87-95 hari
- Warna bunga : Kuning krem
- Umur panen : 130-140 hari



Gambar 2.3 Tanaman Kenaf KR12
(<http://balittas.litbang.pertanian.go.id>)

- Tinggi tanaman : 278-420 cm
- Diameter batang : 1,60-3,20 cm
- Potensi hasil : 2,75-4,20 ton/ha
- Berat 100 biji : 23,66-26,24 gram
- Panjang serat : 260-376 cm
- Kekuatan serat : 24,46-29,60 g/tex
- Persentase serat : 5,5-6,5%
- Ketahanan terhadap hama/ penyakit : rentan terhadap nematode paru akar (*Meloidogyne* sp) dan moderat rentan terhadap jassid (*Amrasca biguttula*)
- Ketahanan terhadap deraan lingkungan : toleran terhadap genangan, toleran terhadap kekeringan, dan kurang peka terhadap foto periode

2.6.2 Tanaman Kenaf Varietas Karang Ploso 15 (KR15)

Deskripsi karakteristik Kenaf KR15 (Gambar 2.3) adalah sebagai berikut::

- Nomor seleksi : Hc 85-9-66-1 BB
- Asal : Persilangan Hc 48 x G4, Th. 1985
- Proses Pemuliaaan : Seleksi pedigree
- Spesies : *Hibiscus cannabinus* L.
- Permukaan batang : Berduri sedikit
- Warna batang : Hijau
- Percabangan : Rudimenter (siwilan) banyak
- Bentuk daun : Menjari bertoreh dalam
- Umur berbunga : 75-85 hari
- Warna bunga : Kuning krem
- Umur panen : 120-130 hari
- Tinggi tanaman : 265-415 cm
- Diameter batang : 1,50-3,00 cm
- Potensi hasil : 2,5-4,5 ton/ha
- Berat 100 biji : 21,16-26,50 gram
- Panjang serat : 255-370 cm
- Kekuatan serat : 22,96-29,36 g/tex
- Persentase serat : 5-7%
- Ketahanan terhadap deraan lingkungan: tahan terhadap kekeringan, dan moderat tahan aluminium pada pH rendah



Gambar 2.4 Tanaman Kenaf KR15
(<http://balittas.litbang.pertanian.go.id>)

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB 3

METODA PENELITIAN

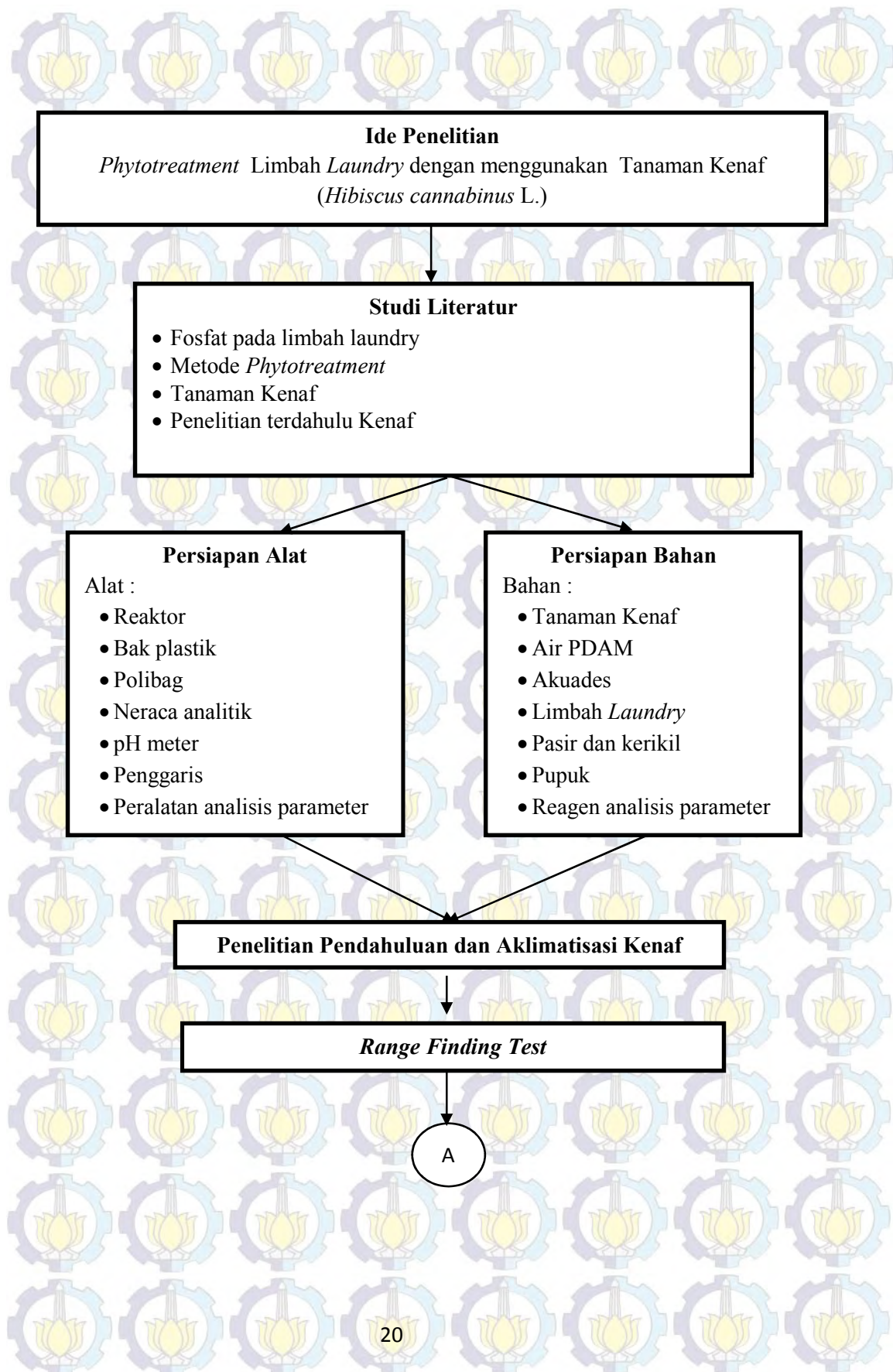
3.1 Gambaran Umum

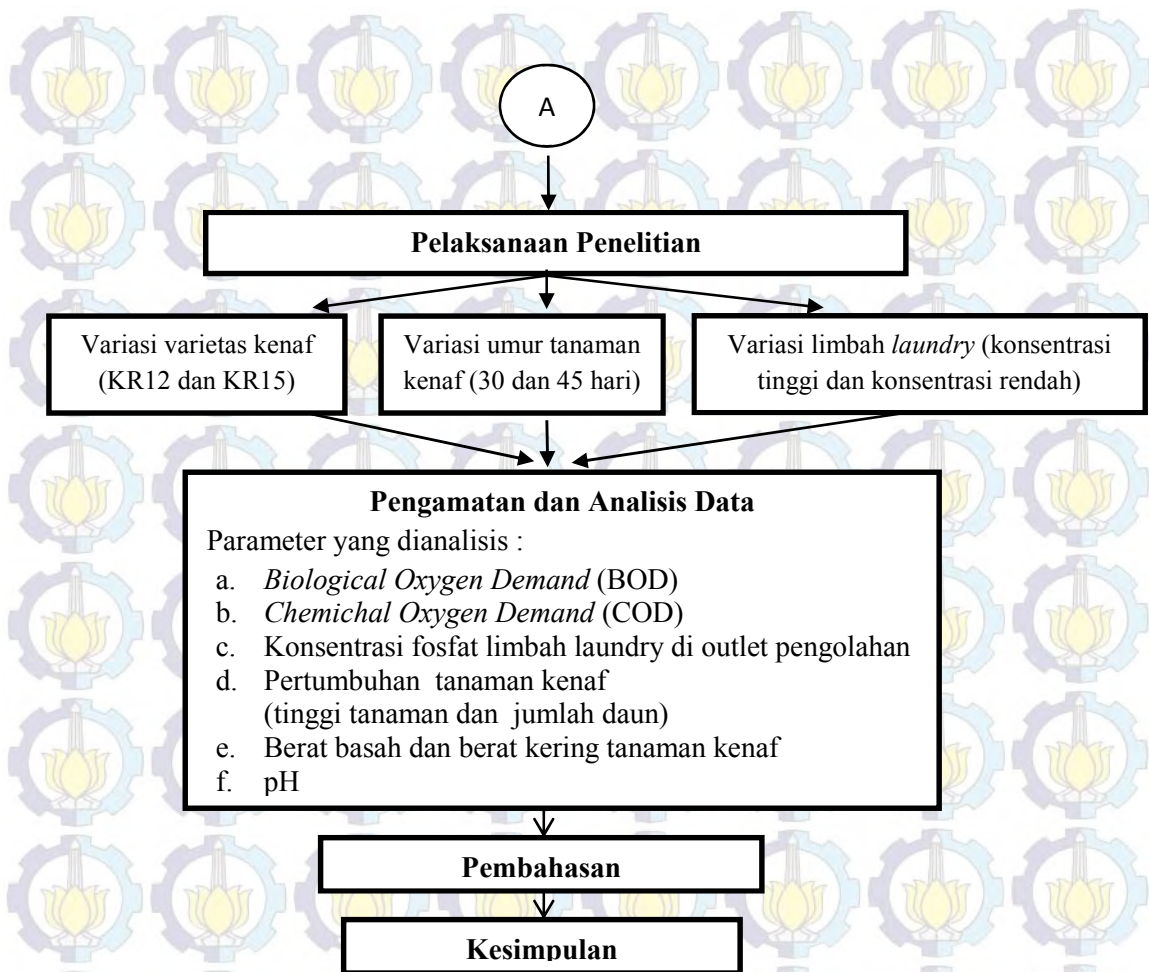
Metoda penelitian digunakan sebagai acuan dalam penelitian agar dapat terlaksana sesuai dengan apa yang telah direncanakan. Pada penelitian ini mengkaji mengenai kemampuan kenaf dalam menurunkan kandungan fosfat dalam limbah laundry dengan menggunakan kenaf varietas KR12 dan KR15. Penggunaan tanaman kenaf karena tanaman ini telah terbukti pada penelitian terdahulu mampu hidup dan memiliki ketahanan terhadap lahan yang tercemar bahan organik sehingga diprediksikan mampu menurunkan kadar fosfat pada lahan yang tercemar. Tanaman Kenaf sendiri dikembangkan melalui biji di media tanam berupa tanah. Penelitian utama dilakukan selama 28 hari, dengan pengamatan atau uji parameter 7 hari sekali.

Variabel yang diujikan terdiri dari 3 faktor yaitu variasi limbah laundry konsentrasi tinggi dan konsentrasi rendah, variasi varietas tanaman kenaf yaitu varietas KR 12 dan varietas KR 15, dan variasi umur tanaman kenaf yaitu 30 hari dan 45 hari. Parameter yang diukur dan diamati dalam penelitian ini yaitu *Biological Oxygen Demand*, *Chemical Oxygen Demand*, fosfat, pertumbuhan tanaman kenaf (tinggi tanaman dan jumlah daun), berat basah dan berat kering tanaman dan pH.

3.2 Kerangka Penelitian

Metoda penelitian dibuat agar penelitian yang dilakukan berjalan sistematis dan sesuai dengan waktu yang ditentukan. Metoda penelitian disusun dalam bentuk kerangka penelitian yaitu alur atau prosedur dalam penelitian yang akan dilakukan. Kerangka penelitian sesuai dengan ide penelitian terdapat pada Gambar 3.1.





Gambar 3.1 Kerangka Metode Penelitian

3.3 Langkah Penelitian

Langkah penelitian menjelaskan mengenai tahapan kerja yang akan dilakukan dalam penelitian. Tujuan pembuatan langkah penelitian adalah untuk memudahkan dalam pemahaman dan penjelasan lebih rinci melalui deskripsi tiap tahapan kerja. Tahapan kerja dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

3.3.1 Ide penelitian

Penelitian kali ini membahas mengenai *phytotreatment* limbah *laundry* menggunakan tanaman kenaf. Penelitian dipusatkan pada efisiensi penyisihan BOD, COD, dan fosfat pada limbah *laundry* dengan metode *phytotreatment* menggunakan tanaman kenaf. Penelitian kali ini menggunakan 3 variabel yaitu variasi limbah

laundry konsentrasi tinggi dan konsentrasi rendah, variasi varietas tanaman kenaf (KR12 dan KR 15) dan variasi umur tanaman kenaf (30 hari dan 45 hari). Pada akhirnya akan dipelajari bagaimana kemampuan tanaman kenaf dalam menyisihkan BOD, COD, dan fosfat pada limbah *laundry*.

3.3.2 Studi literatur

Studi literatur berfungsi untuk membantu dan mendukung dalam mencari gagasan penelitian, serta dapat meningkatkan pemahaman terhadap penelitian. Sumber literatur yang digunakan adalah berupa jurnal internasional, jurnal nasional, makalah seminar, dan text book yang berhubungan dengan penelitian.

Pada penelitian ini studi literatur yang digunakan adalah materi berupa definisi dan karakteristik serta dampak fosfat pada limbah *laundry*, BOD, COD, metode *phytotreatment*, tanaman kenaf, serta penelitian terdahulu tentang tanaman kenaf.

3.3.3 Persiapan alat dan bahan

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- Spektrofotometer UV-Vis
- Respirometer
- Kompor listrik
- pH meter
- Penggaris untuk mengukur panjang tumbuhan
- Neraca analitik untuk menimbang berat tumbuhan dalam penelitian dan bahan-bahan lain yang diperlukan dalam penelitian
- Polibag sebagai reaktor pada *range finding test*
- Reaktor uji *phytotreatment* berbentuk balok berbahan semen terdiri dari tempat tanaman kenaf dan tempat limbah *laundry* (lihat gambar 3.3 dan 3.4).

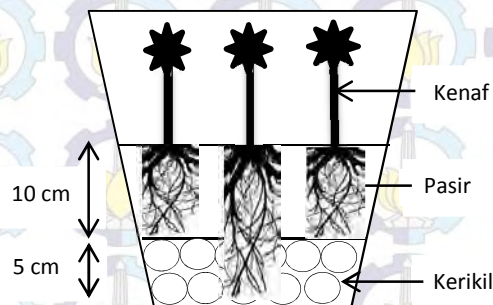
■ Jumlah reaktor adalah 42 reaktor dengan rincian berikut:

1. Reaktor 1 : Kenaf KR12 umur 30 hari dengan paparan limbah konsentrasi tinggi
2. Reaktor 2 : Kenaf KR12 umur 30 hari dengan paparan limbah konsentrasi rendah
3. Reaktor 3 : Kenaf KR12 umur 45 hari dengan paparan limbah konsentrasi tinggi
4. Reaktor 4 : Kenaf KR12 umur 45 hari dengan paparan limbah konsentrasi rendah
5. Reaktor 5 : Kenaf KR15 umur 30 hari dengan paparan limbah konsentrasi tinggi
6. Reaktor 6 : Kenaf KR15 umur 30 hari dengan paparan limbah konsentrasi rendah
7. Reaktor 7 : Kenaf KR15 umur 45 hari dengan paparan limbah konsentrasi tinggi
8. Reaktor 8 : Kenaf KR15 umur 45 hari dengan paparan limbah konsentrasi rendah
9. Reaktor 9 : Media tanpa tanaman yang diberi paparan limbah konsentrasi tinggi
10. Reaktor 10 : Media tanpa tanaman yang diberi paparan limbah konsentrasi rendah
11. Reaktor 21 : Kenaf KR 12 umur 30 hari tanpa diberi paparan limbah laundry
12. Reaktor 22 : Kenaf KR 12 umur 45 hari tanpa diberi paparan limbah laundry
13. Reaktor 23 : Kenaf KR 15 umur 30 hari tanpa diberi paparan limbah laundry
14. Reaktor 24 : Kenaf KR 15 umur 45 hari tanpa diberi paparan limbah laundry

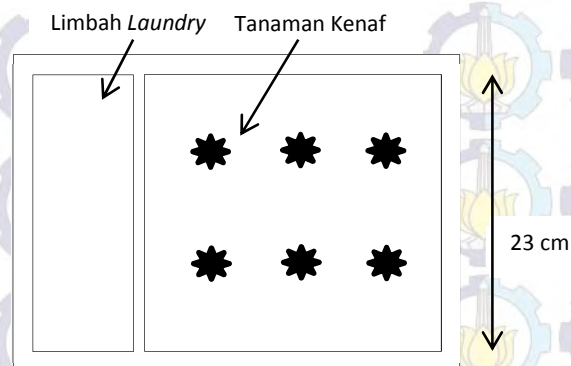
Karena dilakukan secara triplo maka reaktor pot 15-42 diberi perlakuan sama seperti Reaktor 1-14.

Uji kontrol pada reaktor 9-14 diatas digunakan dengan tujuan sebagai pembandingan efek tanaman tanpa penambahan limbah *laundry* dan kondisi limbah *laundry* tanpa diberi perlakuan penumbuhan kenaf. Selain itu juga untuk menjamin apakah limbah *laundry* benar-benar menimbulkan efek negative pada tanaman kenaf.

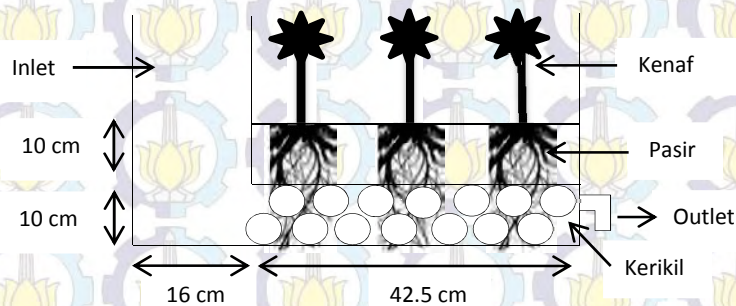
Air limbah *laundry* dialirkan pada reaktor secara batch dan sistem *reed bed*. *Reed Bed* atau *Bed evapotranspiration* merupakan metode menggunakan bak yang tersusun dari kerikil, filter, dan media lain dengan ditanami tumbuhan tertentu yang digunakan untuk mengolah air limbah. Kerikil berfungsi sebagai filter dan rongga yang tersusun antar kerikil memungkinkan oksigen masuk sampai ke dasar reaktor. Pengambilan sampel air adalah dari pipa yang dipasang di reaktor bagian bawah. Reaktor yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 3.2 - 3.3.



Gambar 3.2 Reaktor Range Finding Test



Gambar 3.3 Reaktor Uji Phytotreatment tampak atas



Gambar 3.4 Reaktor Uji Phytotreatment tampak samping

Bahan-bahan yang digunakan:

- Limbah laundry
- Pupuk
- Kerikil
- Air PDAM
- Tanaman Kenaf (KR12 dan KR15)
- Reagen untuk uji analisa
- Tanah dan Pasir

3.3.4 Variabel dan parameter penelitian

Variabel penelitian adalah suatu besaran yang dapat diubah atau berubah sehingga mempengaruhi peristiwa atau hasil penelitian. Variabel pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1) Variasi Varietas Tanaman Kenaf

Diambil variasi jenis varietas tanaman kenaf KR12 (Karangploso 12) dan KR15 (Karangploso 15) berdasarkan SK. Mentan No. 133/Kpts/SR.120/2/2007 dan 134/Kpts/SR.120/2/2007 yang menyatakan bahwa kedua varietas tersebut termasuk varietas yang unggul, adaptif terhadap berbagai kondisi lingkungan, dan tahan terhadap genangan air.

2) Variasi Umur Tanaman

Diambil variasi umur tanaman 30 hari dan 45 hari berdasarkan pada Samudro dan Mangkoedihardjo (2014) yang menyatakan bahwa tanaman Kenaf dapat tumbuh dengan vegetative baik pada umur tanaman kurang dari 90 - 152 hari sejak ditanam.

3) Variasi Limbah *Laundry*

Diambil variasi konsentrasi fosfat limbah *laundry* berdasarkan hasil *range finding test*. Variasi Limbah Laundry yang digunakan adalah limbah *laundry* konsentrasi tinggi dan konsentrasi rendah. Penentuan ditentukan dari konsentrasi maksimum fosfat, BOD, dan COD yang dapat diproses secara *Phytotreatment* oleh tanaman kenaf.

Sedangkan parameter dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. *Biological Oxygen Demand* (BOD)
- b. *Chemichal Oxygen Demand* (COD)
- c. Konsentrasi fosfat limbah laundry di outlet pengolahan
- d. Pertumbuhan tanaman kenaf (tinggi tanaman dan jumlah daun)
- e. Berat basah dan berat kering tanaman kenaf
- f. pH

3.3.5 Penelitian Pendahuluan

Hal yang dilakukan dalam penelitian pendahuluan antara lain:

1) Tahap Pembibitan Tanaman

Proses pembibitan dilakukan dengan cara:

- Mengambil bibit di BALITTAS (Balai Tanaman Serat dan Pemanis) kota Malang
- Memilih bibit yang baik, yaitu dengan cara merendam bibit di dalam wadah yang berisi air lalu dipisahkan antara bibit yang tenggelam dan mengapung. Dari kedua macam bibit tersebut, maka bibit yang tenggelam di dasar digunakan sebagai bibit untuk menanam tanaman kenaf.
- Menanam bibit tersebut pada polybag yang berisi media tanah taman dan pupuk dengan perbandingan 1:1
- Disiram setiap hari menggunakan air PDAM dan diamati pertumbuhannya selama 1-2 minggu selama masa perkecambahan dan tunas

2) Tahap pengujian awal

Limbah *laundry* diambil di jasa usaha *laundry* yang berlokasi di jalan Pulo Wonokromo No.68 Surabaya Jawa Timur untuk diuji nilai BOD dengan metode titrimetri, COD dengan metode refluks tertutup, fosfat dengan metode klorid timah. Pengambilan sampel limbah *laundry* dilakukan secara *composite sample by time* yakni pengambilan sampel yang dilakukan di satu tempat pada rentang waktu yang berbeda. Kemudian untuk selanjutnya limbah *laundry* tersebut diujikan pada *Range Finding Test* di tahap pengujian berikutnya.

3.3.6 Range Finding Test (RFT)

Range finding test dilakukan untuk menetapkan rentang konsentrasi maksimum fosfat yang dapat diproses secara *phytotreatment* oleh tumbuhan. Prosedur yang dilakukan adalah sebagai berikut.

- Penanaman tanaman kenaf dengan reaktor polibag. Media yang digunakan adalah kerikil dengan ketebalan 10 cm dan pasir dengan ketebalan 10 cm.

Jumlah reaktor yang digunakan tahap *range finding test* ini adalah 8 reaktor baik untuk KR15 dan KR 12.

- Air limbah *laundry* diencerkan dengan konsentrasi 100%, 75%, 50%, dan 25%. Kemudian diambil 2 konsentrasi maksimum yang mampu diterima oleh Kenaf. Penentuan konsentrasi ditentukan berdasarkan kondisi fisik tanaman Kenaf seperti layu atau tidaknya tumbuhan, warna tumbuhan, dan tinggi tumbuhan.
- *Range Finding Test* dilakukan selama 7 hari.

3.3.7 Uji *Phytotreatment*

Reaktor uji *phytotreatment* dioperasikan sesuai variabel yang telah ditentukan sebelumnya. Secara detail pelaksanaan uji *phytotreatment* adalah sebagai berikut :

- Disiapkan reaktor uji *phytotreatment* sesuai variabel yaitu sejumlah 42 reaktor
- Dalam reaktor uji *phytotreatment* (Gambar 3.2-3.3) akan dialirkan limbah *laundry* sesuai hasil RFT pada masing-masing reaktor yang telah ditentukan. Reaktor uji *phytotreatment* adalah batch dengan sistem reed bed.
- Pengujian parameter dilakukan 7 hari sekali kecuali berat basah dan berat kering tanaman yang dilaksanakan pada awal dan akhir penelitian.
- Pelaksanaan analisis parameter
 - BOD dan COD

Analisis BOD dan COD pada effluent limbah *laundry* dilakukan di Laboratorium Teknik Kimia UBAYA Surabaya. Analisis BOD menggunakan metode respirometri dan analisis COD menggunakan metode refluks tertutup secara lengkap dapat dilihat pada Lampiran A. Analisa ini dilakukan setiap satu kali dalam seminggu.

- **Konsentrasi Fosfat**

Analisis fosfat bertujuan untuk mengetahui berapa konsentrasi fosfat air limbah *laundry* setelah proses *phytotreatment* di reaktor. Pengujian nilai fosfat menggunakan menggunakan metode klorid timah dengan alat Spektrofotometer UV-Vis. Pengujian nilai fosfat dengan metode klorid timah secara lengkap dapat dilihat pada Lampiran A.

- **Analisis Pertumbuhan Tanaman**

Analisis ini untuk mengetahui tentang pertumbuhan tanaman yang ditanam dalam reaktor. Analisis yang dilakukan berupa analisis fisik pertumbuhan tanaman yaitu tinggi tanaman dan jumlah daun. Tinggi tanaman diukur mulai dari leher akar hingga ujung daun tertinggi.

- **Analisis Berat Basah dan Berat Kering Tanaman**

Analisis biomassa dilakukan untuk mengukur berat basah dan berat kering tanaman. Pengukuran berat basah dan berat kering tanaman dilakukan pada awal dan akhir penelitian. Biomassa tanaman merupakan ukuran yang paling sering digunakan untuk menggambarkan dan mempelajari pertumbuhan tanaman.

- **Analisis pH**

Analisa pH dilakukan untuk mengetahui besarnya pH limbah *laundry* dengan menggunakan pH meter. Secara lengkap dapat dilihat pada Lampiran A.

3.3.8 Analisis Data

Data yang dihasilkan akan dianalisis dengan *Analysis of Varian* (ANOVA) dan jika pada hasil analisis anova berbeda nyata maka dilakukan uji lanjut dengan menggunakan uji Beda Nyata Terkecil (BNT).

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

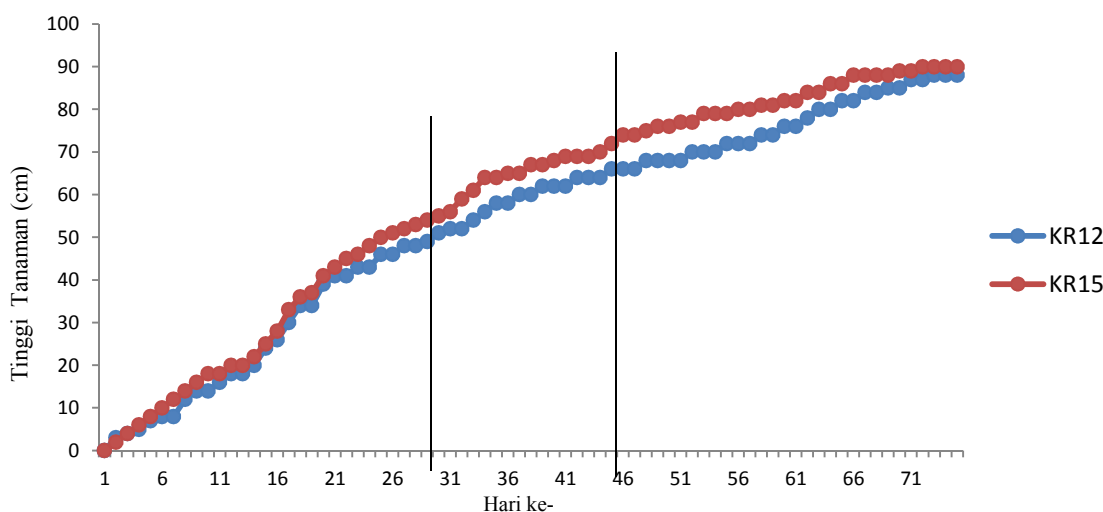
4.1 Pertumbuhan Tanaman Kenaf

Tanaman Kenaf ditumbuhkan di *greenhouse* jurusan Teknik Lingkungan ITS untuk diamati perkembangbiakannya sebelum digunakan sebagai tanaman uji pada tahap *phytotreatment*. Dilakukan pengamatan terhadap tinggi tanaman dan jumlah daun. Berikut adalah hasil analisis perkembangbiakan tanaman Kenaf;

1) Tinggi tanaman

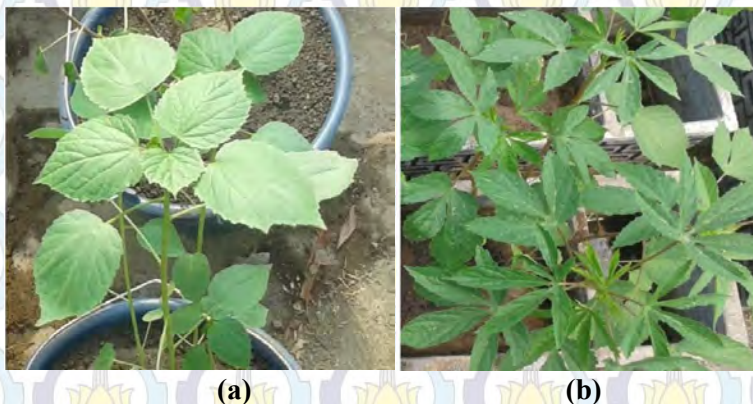
Perkembangbiakkan tanaman Kenaf yang telah dilakukan selama 75 hari didapatkan data bahwa tanaman Kenaf termasuk tanaman yang mudah ditanam, mudah dalam perawatan dan cepat dalam perkembangbiakan. Dari 2 varietas yang dikembangbiakkan yaitu tanaman KR12 dan KR15, keduanya memiliki perbedaan dari kecepatan dalam tumbuh berkembang dalam segi tinggi tanaman. Tanaman KR15 termasuk lebih cepat bertumbuh tinggi daripada tanaman Kenaf KR12. Tanaman Kenaf rata-rata dapat berkecambah dalam waktu 3-6 hari dengan tinggi kurang lebih 5-7 cm. Pada umur 30 hari rata-rata tanaman Kenaf memiliki tinggi 50-55 cm, dan pada umur 45 hari memiliki tinggi 65-70 cm.

Tanaman Kenaf yang digunakan di uji *phytotreatment* adalah umur 30 hari dan 45 hari, hal ini dilakukan karena pada rentang umur tersebut tanaman Kenaf mengalami perkembangan yang signifikan (Gambar 4.1) sehingga diharapkan dapat membantu proses penyisihan BOD, COD, dan fosfat limbah *laundry*. Untuk data tinggi tanaman Kenaf selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran B.



Gambar 4.1 Pertumbuhan Tinggi Tanaman Kenaf

Tahap pertumbuhan kenaf juga didapatkan data bahwa tanaman Kenaf memiliki dua fase bentuk daun yaitu bentuk daun oval dan menjari. Sebelum umur 45 hari daun Kenaf masih berbentuk oval (Gambar 4.2 a) sedangkan setelah umur 45 hari mulai muncul daun berbentuk menjari seperti pada Gambar 4.2 b.



Gambar 4.2 Bentuk daun Kenaf, (a) oval; (b) menjari
(sumber: dokumentasi pribadi)

Tahap pertumbuhan kenaf juga didapatkan data bahwa tanaman Kenaf memiliki panjang akar yang berbeda antara KR 12 dan KR 15. Hari ke-15 penelitian utama *phytotreatment*. Kenaf KR 12 memiliki panjang akar 26 cm (Gambar 4.3 a) sedangkan Kenaf KR 15 memiliki panjang akar 28 cm seperti pada Gambar 4.3 b.

Panjang akar Kenaf KR 12 dan KR15 dapat mencapai media hingga bagian kerikil dan aliran limbah *laundry* yang memiliki kedalaman 20 cm, sehingga limbah *laundry* yang terolah benar dilakukan oleh akar tanaman Kenaf.

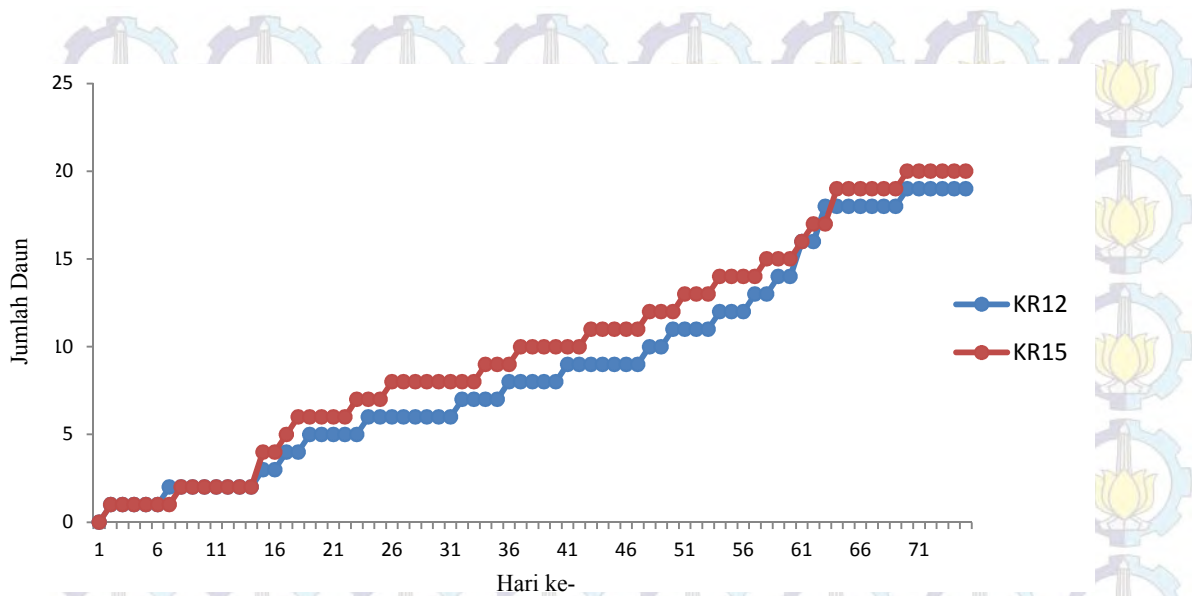


Gambar 4.3 Akar Tanaman Kenaf, (a) KR12; (b) KR15

(sumber: dokumentasi pribadi)

2) Jumlah daun

Proses pertumbuhannya juga memperhatikan jumlah daun yang terdapat pada tanaman Kenaf. Gambar 4.4 menunjukkan grafik jumlah daun Kenaf selama 75 hari baik varietas Kenaf KR12 maupun Kenaf KR15. Gambar tersebut menunjukkan bahwa pada hari ke-30 tanaman KR15 memiliki jumlah daun sebanyak 8 daun dan KR12 sebanyak 6 daun. Kemudian pada hari ke-45 tanaman Kenaf KR15 memiliki jumlah daun sebesar 11 buah dan 9 buah untuk tanaman Kenaf KR12. Hal tersebut menunjukkan bahwa KR15 memiliki jumlah yang lebih banyak dalam menghasilkan daun. Data selengkapnya mengenai jumlah daun tanaman Kenaf dapat dilihat pada Lampiran B.



Gambar 4.4 Pertumbuhan Jumlah Daun Tanaman Kenaf

4.2 Uji Karakteristik Limbah *Laundry*

Uji karakteristik dilakukan terlebih dahulu sebelum dilaksanakan penelitian utama. Hal ini bertujuan untuk mendapatkan data mengenai karakteristik limbah *laundry*. Hasil dari pengujian selanjutnya dipakai pada *range finding test* dan penelitian utama/*phytotreatment*. Limbah yang diujikan adalah limbah *laundry* asli. Sampel yang telah diuji selanjutnya ditandai sebagai data awal nilai BOD, COD, dan fosfat limbah *laundry* tersebut.

Limbah *laundry* yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari jasa usaha *laundry* di jalan Pulo Wonokromo No.68 Surabaya Jawa Timur. Limbah *laundry* diambil sebanyak 300 liter. Air limbah *laundry* diambil dari selang effluent pembuangan limbah laundry dari alat mesin cuci. Selanjutnya limbah *laundry* dimasukan ke dalam Jerigen. Air Limbah *Laundry* dalam penelitian ini memiliki ciri antara lain berwarna hitam dan bau yang agak menyengat.

Analisis Karakteristik limbah *laundry* meliputi uji BOD dengan metode titrimetri, uji COD dengan metode refluks tertutup, dan uji fosfat dengan metode klorid timah yang dilaksanakan di Balai Besar Laboratorium Kesehatan (BBLK)

Surabaya. Hasil uji laboratorium limbah *laundry* mempunyai nilai BOD 860,89 mg/L, COD 3026,57 mg/L, dan fosfat sebesar 3,07 mg/L.

4.3 Range Finding Test (RFT)

Range finding test merupakan tahap untuk menentukan konsentrasi limbah *laundry* maksimum yang dapat diserap oleh tanaman Kenaf (*Hibiscus cannabinus* L.) sebelum dilakukan uji *phytotreatment*. Limbah *laundry* yang digunakan adalah limbah *laundry* asli. Nilai konsentrasi yang digunakan pada limbah *laundry* adalah konsentrasi limbah *laundry* 100%, 75%, 50%, dan 25 % (Tabel 4.1). Nilai konsentrasi tersebut didapatkan dengan cara melakukan pengenceran pada limbah *laundry* murni. Tahap *Range Finding Test* ini digunakan bak plastik dengan diameter 8 cm dan tinggi 15 cm, kemudian ditanami 3 tanaman Kenaf pada setiap bak. Kemudian digunakan media pasir setebal 10 cm. Selanjutnya dialirkan air limbah *laundry* (Gambar 4.5).

Range finding test dilakukan selama 7 hari dengan mengamati kondisi fisik tanaman meliputi warna tanaman, layu atau tidaknya tanaman, serta jumlah daun menguning. Dari hasil RFT menunjukkan bahwa tanaman Kenaf mampu bertahan hidup pada paparan limbah *laundry* 50% dan 25%, namun pada paparan limbah *laundry* 100% dan 75% didapatkan daun tanaman kenaf menguning, mengering, serta gugur daunnya. Ditemukan perubahan fisik berarti yang menandakan kematian pada tanaman Kenaf pada limbah *laundry* 100% dan 75%. Oleh sebab itu, maka untuk uji utama *phytotreatment* menggunakan limbah *laundry* 50% (konsentrasi tinggi) yang mempunyai nilai BOD 420,89 mg/L, COD 1012,24 mg/L, dan fosfat 1,125 mg/L; dan limbah *laundry* 25% (konsentrasi rendah) mempunyai nilai BOD 390,70 mg/L, COD 853,27 mg/L, dan fosfat 0,715 mg/L.

Tabel 4.1 Kandungan Limbah Laundry 100%, 75%, 50%, dan 25 %.

	100%	75%	50%	25%
BOD (mg/L)	860,89	516,53	420,89	390,70
COD (mg/L)	3026,57	1815,92	1012,24	853,27
FOSFAT (P) (mg/L)	3,07	1,84	1,125	0,715



Gambar 4.5 Uji Tahap *Range Finding Test*
(sumber: dokumentasi pribadi)

4.4 Uji *Phytotreatment*

Uji *phytotreatment* menggunakan tanaman Kenaf ini dilaksanakan selama 28 hari. Reaktor yang digunakan terbuat dari semen dan diberi pipa kran dibawah untuk pengambilan samper air dibawah media. Media yang digunakan adalah kerikil setinggi 10 cm dan tanah setinggi 10 cm. Masing-masing reaktor diisi dengan 6 tanaman Kenaf.

Persiapan uji *phytotreatment*, tanaman yang digunakan sesuai variabel yang telah disebutkan sebelumnya yaitu tanaman Kenaf umur 30 dan umur 45 hari yang memiliki. Tanaman yang digunakan pada setiap reaktor diusahakan memiliki berat basah yang sama. Selanjutnya setiap reaktor diisi dengan larutan limbah *laundry* sebanyak 10 L dengan konsentrasi tinggi dan konsentrasi rendah. Berikut adalah kondisi tanaman Kenaf saat uji *phytotreatment* (Gambar 4.6)

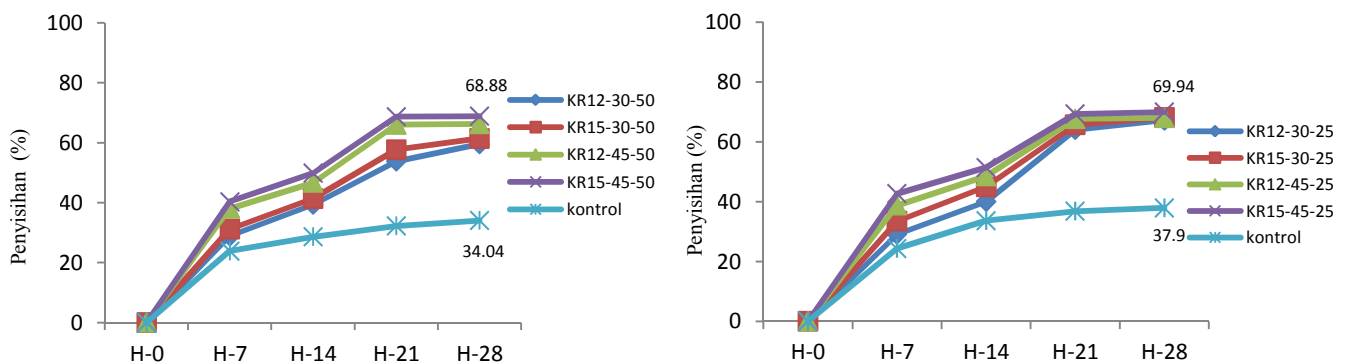


Gambar 4.6 Reaktor uji *Phytotreatment*
(sumber: dokumentasi pribadi)

4.4.1 Penyisihan BOD

Biological Oxygen Demand (BOD) didefinisikan sebagai pengukuran pengurangan kadar oksigen di dalam air yang dikonsumsi oleh makhluk hidup (organisme) di dalam air selama periode 5 hari pada keadaan gelap (tidak terjadi proses fotosintesa). Pengurangan kadar oksigen ini disebabkan oleh kegiatan organisme mengkonsumsi atau mendegradasi senyawa organik dan nutrisi lain yang terdapat di dalam air.

Gambar 4.7 menunjukkan bahwa tanaman Kenaf (*Hibiscus cannabinus* L.) memiliki kemampuan untuk menyisihkan (*removal*) nilai BOD yang terdapat dalam limbah *laundry*.



Gambar 4.7 Penyisihan BOD oleh kenaf terpapar limbah konsentrasi tinggi dan konsentrasi rendah

Selama waktu pemaparan 28 hari, dari gambar 4.7 menunjukkan bahwa prosentase penyisihan BOD oleh Tanaman Kenaf KR12 umur 30 hari sebesar 59,57% untuk pemaparan limbah *laundry* konsentrasi tinggi dan 67,22% untuk pemaparan limbah *laundry* konsentrasi rendah. Sedangkan prosentase penyisihan oleh Tanaman Kenaf KR15 umur 30 hari sebesar 61,42% dan 68,10% masing-masing untuk pemaparan limbah *laundry* konsentrasi tinggi dan konsentrasi rendah.

Prosentase penyisihan BOD oleh tanaman KR15 umur 45 hari sebesar 68,88% dan 69,94% masing-masing untuk pemaparan limbah laundry konsentrasi tinggi dan konsentrasi rendah. Tanaman KR12 umur 45 hari menunjukkan prosentase penyisihan sebesar 66,24% dan 67,93% masing-masing untuk pemaparan limbah laundry konsentrasi tinggi dan konsentrasi rendah. Perlakuan kontrol tanpa tanaman memiliki prosentase penyisihan BOD yang tidak terlalu tinggi yaitu sebesar 34,04% dan 37,90% masing-masing untuk pemaparan limbah laundry konsentrasi tinggi dan konsentrasi rendah.

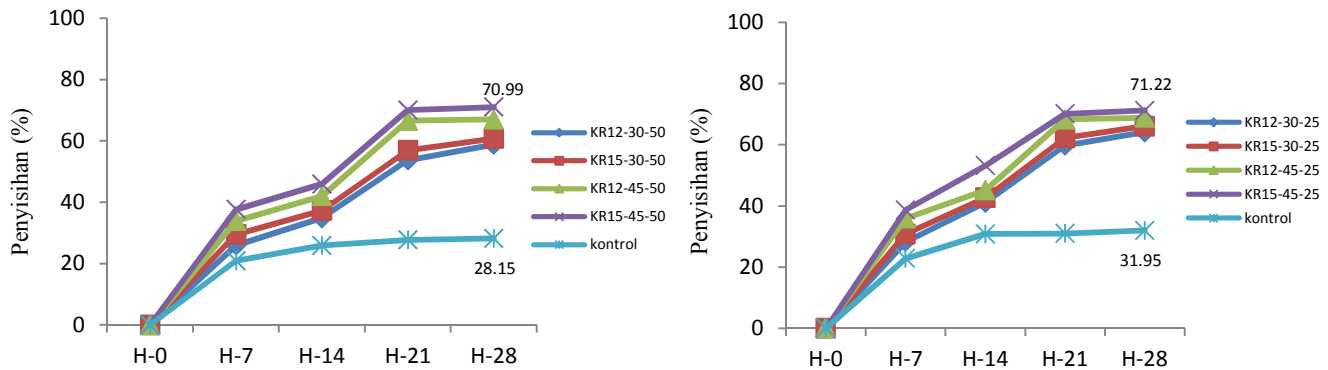
Mekanisme tanaman dalam mengolah pencemar limbah *laundry* ini meliputi proses rhizodegradasi, fitostabilisasi, dan fitodegradasi. Rhizodegradasi merupakan penguraian zat-zat kontaminan oleh aktivitas mikroba yang berada disekitar akar tumbuhan, misal ragi, fungi dan bakteri. Fitostabilisasi merupakan penempelan zat-zat kontaminan tertentu pada akar yang tidak mungkin terserap ke dalam batang tumbuhan. Zat-zat tersebut menempel erat (stabil) pada akar sehingga tidak akan terbawa oleh aliran air dalam media. Fitodegradasi (*organic*) adalah pemanfaatan tumbuhan mengurangi polutan dapat melalui asosiasi dengan mikroorganisme untuk mendegradasi polutan termasuk zat pencemar senyawa organik. proses yang dilakukan tumbuhan untuk menguraikan zat kontaminan yang mempunyai rantai molekul yang kompleks menjadi bahan yang tidak berbahaya dengan dengan susunan molekul yang lebih sederhana yang dapat berguna bagi pertumbuhan tumbuhan itu sendiri (Mangkoedihardjo, 2005).

Hasil analisis menyimpulkan bahwa prosentase penyisihan BOD tertinggi pada reaktor yang diberi paparan pemaparan limbah laundry konsentrasi rendah dan konsentrasi tinggi adalah tanaman Kenaf varietas KR15 dengan umur 45 hari yaitu sebesar 68,88% dan 69,94%. Prosentase penyisihan BOD tertinggi terdapat pada media yang terpapar limbah *laundry* konsentrasi rendah. Hal demikian bisa dikarenakan nilai BOD awal yang tidak terlalu tinggi bila dibandingkan limbah laundry konsentrasi tinggi sehingga membuat tanaman Kenaf lebih optimal dalam menurunkan nilai BOD. Hasil analisis of varian (ANOVA) terhadap proses penyisihan BOD pada uji menunjukkan adanya beda nyata yang disebabkan oleh perlakuan yang ditunjukkan dengan nilai $F_{hitung} < F_{tabel}$ 5%. Hal ini membuktikan bahwa antar perlakuan secara umum memberikan pengaruh berbeda secara nyata terhadap nilai penyisihan BOD. Hasil uji lanjut BNT (Beda Nyata Terkecil) menunjukkan bahwa dengan pemberian perlakuan variasi konsentrasi limbah *laundry* antara konsentrasi tinggi dan konsentrasi rendah memberikan perbedaan yang signifikan terhadap nilai penyisihan BOD. Pemberian perlakuan variasi umur tanaman kenaf antara umur 30 hari dan 45 hari juga memberikan perbedaan yang signifikan terhadap nilai penyisihan BOD dalam paparan limbah konsentrasi tinggi. Umur tanaman juga berpengaruh dalam proses pengolahan unsur organik, hal ini terkait dengan biomassa dari tanaman sebagai bioakumulator. Namun dalam paparan limbah konsentrasi rendah, umur tanaman kenaf tidak memberikan perbedaan yang signifikan. Hal ini dimungkinkan karena konsentrasi yang rendah sehingga baik tanaman kenaf umur 30 hari maupun 45 hari sama-sama baik dalam penyisihan BOD. Perlakuan varietas kenaf antara KR 12 dan KR15 tidak memberikan perbedaan yang signifikan terhadap nilai penyisihan BOD.

4.4.2 Penyisihan COD

Chemical Oxygen Demand (COD) adalah jumlah oksigen (mg) yang dibutuhkan untuk mengoksidasi zat-zat organik yang ada dalam satu liter air melalui reaksi kimia, dimana $K_2Cr_2O_7$ (Kalium Dikromat) digunakan sebagai sumber oksigen

(*Oxidating Agent*). Kalium bikromat menjadi gas CO_2 dan H_2O serta sejumlah ion krom. Gambar 4.8 menunjukkan bahwa tanaman Kenaf (*Hibiscus cannabinus* L.) memiliki kemampuan untuk menyisihkan nilai COD yang terdapat dalam limbah *laundry*.



Gambar 4.8 Penyisihan COD oleh kenaf terpapar limbah konsentrasi tinggi dan konsentrasi rendah

Gambar 4.8 menunjukkan bahwa prosentase penyisihan COD oleh Tanaman Kenaf KR12 umur 30 hari sebesar 58,80% untuk pemaparan limbah *laundry* konsentrasi tinggi dan 64,10% untuk pemaparan limbah *laundry* konsentrasi rendah. Sedangkan prosentase penyisihan oleh Tanaman Kenaf KR15 umur 30 hari sebesar 60,76% dan 66,08% masing-masing untuk pemaparan limbah *laundry* konsentrasi tinggi dan konsentrasi rendah.

Prosentase penyisihan COD oleh tanaman KR15 umur 45 hari sebesar 70,99% dan 71,22% masing-masing untuk pemaparan limbah *laundry* konsentrasi tinggi dan konsentrasi rendah. Tanaman KR12 umur 45 hari menunjukkan prosentase penyisihan sebesar 67% dan 68,87% masing-masing untuk pemaparan limbah *laundry* konsentrasi tinggi dan konsentrasi rendah. Perlakuan kontrol tanpa tanaman memiliki prosentase penyisihan COD yang tidak tinggi yaitu sebesar 28,15% dan 31,95% masing-masing untuk pemaparan limbah *laundry* konsentrasi tinggi dan konsentrasi rendah.

Dari hasil analisis tersebut dapat disimpulkan bahwa prosentase penyisihan COD tertinggi pada reaktor yang diberi paparan pemaparan limbah *laundry* konsentrasi tinggi dan konsentrasi rendah adalah tanaman Kenaf varietas KR15 dengan umur 45 hari yaitu masing-masing sebesar 70,99% dan 71,22%. Prosentase penyisihan COD tertinggi terdapat pada media yang terpapar limbah laundry konsentrasi rendah. Hal demikian bisa dikarenakan nilai COD awal yang tidak terlalu tinggi bila dibandingkan limbah *laundry* konsentrasi tinggi sehingga membuat tanaman Kenaf lebih optimal dalam menyisihkan zat-zat organik di dalam limbah *laundry*. Nilai BOD dan COD pada akhir penelitian belum dapat memenuhi baku mutu air limbah kegiatan *laundry* Peraturan Gubernur Jatim No. 72 Tahun 2013 sehingga perlu ada pengolahan lanjutan lain terhadap limbah *laundry* ini.

Rasio BOD/COD menunjukkan perlakuan penelitian mampu meningkatkan nilai rasio BOD/COD hingga nilai tertinggi 0,48 pada perlakuan kenaf KR15 umur 45 pada paparan limbah *laundry* konsentrasi rendah. Bila dibandingkan dengan kontrol tanpa tanaman kenaf, didapatkan nilai rasio BOD/COD 0,34 dan 0,37 masing-masing paparan limbah *laundry* konsentrasi tinggi dan konsentrasi rendah. Hal ini menunjukkan perlakuan dengan pemberian tanaman kenaf secara umum mampu memperbaiki atau meningkatkan rasio BOD/COD walaupun tidak dalam perbedaan yang jauh. Kontrol tanpa tanaman kenaf masih mampu meningkatkan rasio BOD/COD, hal ini dimungkinkan karena faktor media pasir kerikil sebagai filter dan peran mikroorganisme di media.

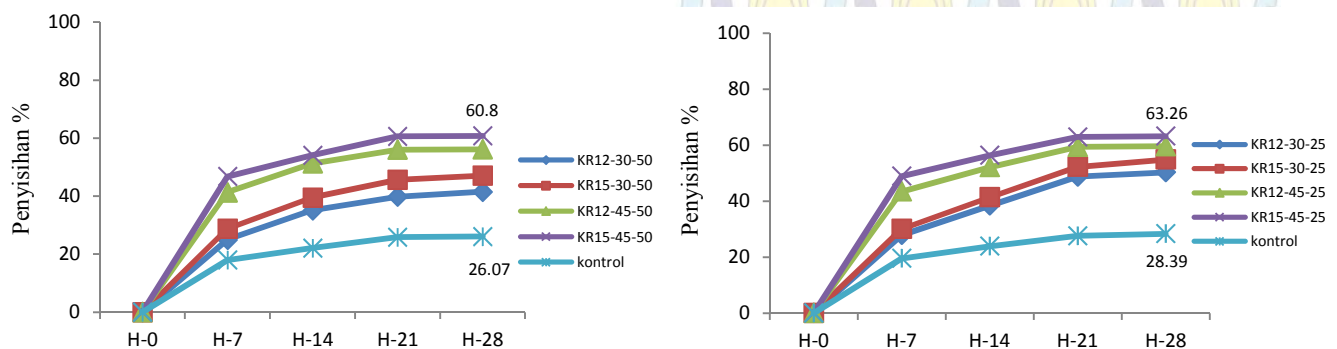
Hasil analisis of varian (ANOVA) terhadap proses penyisihan COD pada uji *phytotreatment* menunjukkan adanya beda nyata yang disebabkan oleh perlakuan yang ditunjukkan dengan nilai $F_{hitung} < F_{tabel}$ 5%. Hal ini membuktikan bahwa antar perlakuan secara umum memberikan pengaruh berbeda secara nyata terhadap nilai penyisihan COD. Hasil uji lanjut BNT (Beda Nyata Terkecil) menunjukkan bahwa dengan pemberian perlakuan limbah *laundry* antara konsentrasi tinggi dan konsentrasi rendah juga memberikan perbedaan yang signifikan terhadap nilai penyisihan COD. Pemberian perlakuan umur tanaman kenaf antara umur 30 hari dan

45 hari memberikan perbedaan yang signifikan terhadap nilai penyisihan COD baik dalam paparan limbah konsentrasi tinggi maupun paparan limbah konsentrasi. Perlakuan varietas kenaf antara KR 12 dan KR15 tidak memberikan perbedaan yang signifikan terhadap nilai penyisihan COD. Artinya variasi penggunaan varietas tanaman kenaf tidak memberikan perbedaan pengaruh yang signifikan terhadap penyisihan COD.

4.4.3 Penyisihan Fosfat

Bahan pembentuk utama di dalam detergen adalah natrium tripolifosfat dan dodesil benzen sulfonat. Fosfat dalam tanaman ditemukan dalam bentuk fosfat ester, termasuk gula fosfat yang berperan penting dalam fotosintesis dan metabolisme intermedier, nukleotida berupa DNA dan RNA seperti juga fosfolipid dalam membran, fosfat dalam bentuk ATP, ADP dan Pi juga berperan dalam metabolisme energi dalam sel. Fosfor diserap tanaman terutama dalam bentuk ion H_2PO_4^- dan $\text{H}_2\text{PO}_4^{2-}$.

Gambar 4.9 menunjukkan bahwa tanaman Kenaf (*Hibiscus cannabinus* L.) memiliki kemampuan beradaptasi untuk bertahan hidup dalam lingkungan yang tercekam fosfat dan memiliki kemampuan untuk menyisihkan fosfat limbah *laundry*.



Gambar 4.9 Penyisihan fosfat oleh kenaf terpapar limbah konsentrasi tinggi dan konsentrasi rendah

Gambar 4.9 menunjukkan bahwa prosentase penyisihan fosfat oleh Tanaman Kenaf KR12 umur 30 hari sebesar 41,54% untuk pemaparan limbah *laundry* konsentrasi tinggi dan 50,34% untuk pemaparan limbah *laundry* konsentrasi rendah.

Sedangkan prosentase penyisihan oleh Tanaman Kenaf KR15 umur 30 hari sebesar 47,11% dan 54,87% masing-masing untuk pemaparan limbah *laundry* konsentrasi tinggi dan konsentrasi rendah.

Prosentase penyisihan oleh tanaman KR15 umur 45 hari sebesar 60,80% dan 63,26% masing-masing untuk pemaparan limbah *laundry* konsentrasi tinggi dan konsentrasi rendah. Tanaman KR12 umur 45 hari menunjukkan prosentase penyisihan sebesar 56,17% dan 59,67% masing-masing untuk pemaparan limbah *laundry* konsentrasi tinggi dan konsentrasi rendah. Perlakuan kontrol tanpa tanaman Kenaf memiliki prosentase penyisihan fosfat yang kecil yaitu hanya sebesar 26,07% dan 28,39% masing-masing untuk pemaparan limbah *laundry* konsentrasi tinggi dan konsentrasi rendah.

Hasil analisis menyimpulkan bahwa prosentase penyisihan fosfat tertinggi pada reaktor yang diberi paparan pemaparan limbah *laundry* konsentrasi tinggi dan konsentrasi rendah adalah tanaman Kenaf varietas KR15 dengan umur 45 hari yaitu masing-masing sebesar 60,80% dan 63,26%. Prosentase penyisihan tertinggi terdapat pada media yang terpapar limbah *laundry* konsentrasi rendah. Hal tersebut dimungkinkan karena parameter pencemar lain tidak lebih tinggi nilainya dibandingkan laundry konsentrasi tinggi seperti BOD dan COD.

Hasil analisis of varian (ANOVA) terhadap proses penyisihan fosfat pada uji *phytotreatment* menunjukkan adanya beda nyata yang disebabkan oleh perlakuan yang ditunjukkan dengan nilai $F_{hitung} < F_{tabel}$ 5%. Hal ini membuktikan bahwa antar perlakuan secara umum memberikan pengaruh berbeda secara nyata terhadap nilai penyisihan fosfat. Hasil uji lanjut BNT (Beda Nyata Terkecil) menunjukkan bahwa pemberian perlakuan umur tanaman kenaf antara umur 30 hari dan 45 hari memberikan perbedaan yang signifikan terhadap nilai penyisihan fosfat. Begitu juga dengan pemberian perlakuan limbah *laundry* antara konsentrasi tinggi dan konsentrasi rendah juga memberikan perbedaan yang signifikan terhadap nilai penyisihan fosfat. Namun tidak demikian dengan perlakuan varietas kenaf antara KR

12 dan KR15 tidak memberikan perbedaan yang signifikan terhadap nilai penyisihan fosfat.

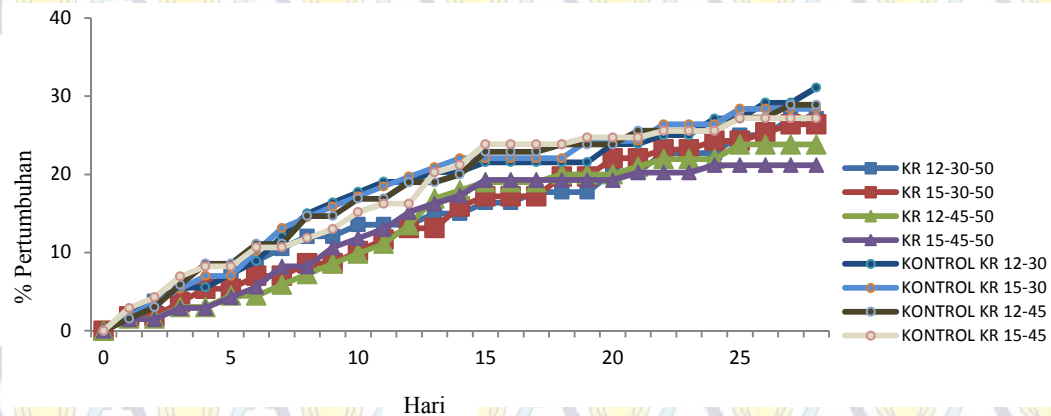
Berdasarkan mekanisme fisiologis, tanaman Kenaf secara aktif mengurangi konsentrasi fosfat yang terdapat dalam limbah laundry. Penyerapan dilakukan dan terakumulasi di akar dan batang, dari akar, selanjutnya akan di translokasikan ke jaringan lainnya seperti batang dan daun. Penyerapan fosfat oleh akar tergantung pada sistem transpor aktif dalam membran sel dan melibatkan ATP sehingga mampu melawan gradien konsentrasi fosfat dalam sel akar. Jika fosfor terdapat dalam jumlah yang berlebihan pertumbuhan akar akan melebihi tajuk. Penimbunan fosfat dalam tubuh akan mengakibatkan pengikatan ion logam-logam berat terganggu. Akar tumbuhan berperan sangat baik menyerap fosfor yang terkandung dalam air limbah. Kelebihan fosfat di vakuola tersimpan sebagai endapan polyfosfat dan dalam bentuk inositol heksafosfat. Defisiensi fosfor berpengaruh pada semua aspek metabolisme dan pertumbuhan. Tanaman yang mengalami defisiensi fosfor, pertumbuhannya lambat dan sering tumbuh kerdil (Hermawati, 2005).

4.4.4 Respon Pertumbuhan Tanaman Kenaf

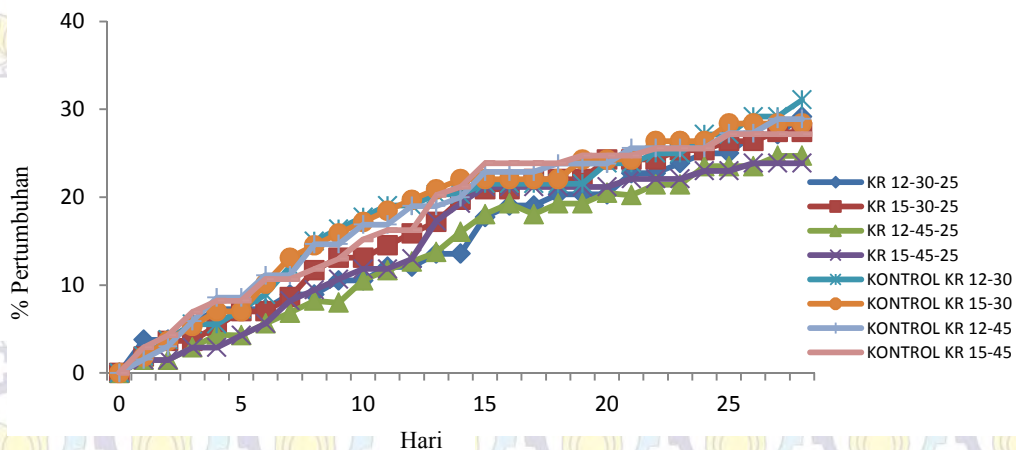
Pertumbuhan adalah penambahan ukuran dan berat kering yang tidak dapat balik yang mencerminkan pertambahan protoplasma. Hal ini terjadi karena ukuran sel maupun jumlahnya bertambah. Pertumbuhan juga merupakan interaksi faktor genetik dan lingkungan. Analisis tumbuh tanaman digunakan untuk memperoleh ukuran kuantitatif dalam mengikuti dan membandingkan pertumbuhan tanaman, dalam aspek fisiologis maupun ekologis, baik secara individu maupun pertumbuhan. Analisis pertumbuhan merupakan suatu cara untuk mengikuti dinamika fotosintesis yang diukur oleh produksi bahan kering. Pertumbuhan tanaman dapat diukur tanpa mengganggu tanaman yaitu dengan pengukuran tinggi tanaman dan jumlah daun. Laju pertumbuhan tanaman adalah kemampuan tanaman menghasilkan bahan kering hasil asimilasi tiap satuan luas lahan tiap satuan waktu ($\text{g/m}^2/\text{minggu}$).

Tinggi Tanaman Kenaf

Analisis tinggi tanaman digunakan untuk memperoleh ukuran kuantitatif dalam mengikuti dan membandingkan pertumbuhan tanaman dalam aspek fisiologis. Analisis ini dapat digunakan untuk mengetahui pertumbuhan tanaman tanpa mengganggu tanaman. Analisis pengukuran tinggi tanaman ini dilakukan setiap hari selama uji *phytotreatment* dengan menggunakan penggaris. Data selengkapnya mengenai angka tinggi tanaman Kenaf selama proses uji *phytotreatment* dapat dilihat pada Lampiran B.



Gambar 4.10 Pertumbuhan Tinggi Kenaf Terpapar Limbah laundry konsentrasi tinggi



Gambar 4.11 Pertumbuhan Tinggi Kenaf Terpapar Limbah Laundry konsentrasi rendah

Gambar 4.10-4.11 menunjukkan persentase pertumbuhan tinggi tanaman Kenaf hingga hari ke-28 penelitian, tanaman Kenaf KR15 umur 45 hari memiliki persentase pertumbuhan tinggi tanaman sebesar 21,17% untuk paparan limbah *laundry* konsentrasi tinggi dan 23,48% untuk paparan limbah *laundry* konsentrasi rendah serta merupakan varietas yang memiliki persentase pertumbuhan tertinggi dibandingkan varietas yang lain. Tanaman Kenaf KR15 umur 30 hari memiliki persentase pertumbuhan sebesar 26,38% dan 27,39% masing-masing untuk paparan limbah *laundry* konsentrasi tinggi dan konsentrasi rendah. Tanaman KR12 umur 45 hari memiliki persentase sebesar 23,80% dan 24,70% masing-masing untuk paparan limbah *laundry* konsentrasi tinggi dan konsentrasi rendah. Tanaman KR12 umur 30 hari memiliki persentase pertumbuhan sebesar 27,14% dan 29,16% masing-masing untuk paparan limbah *laundry* konsentrasi tinggi dan konsentrasi rendah. Sedangkan pada perlakuan kontrol Kenaf KR12 umur 30 hari persentase pertumbuhan mencapai 31,06%, kontrol Kenaf KR15 umur 30 hari sebesar 28,37%, kontrol Kenaf KR12 umur 45 hari sebesar 28,89%, dan kontrol Kenaf KR15 umur 45 hari sebesar 27,17%.

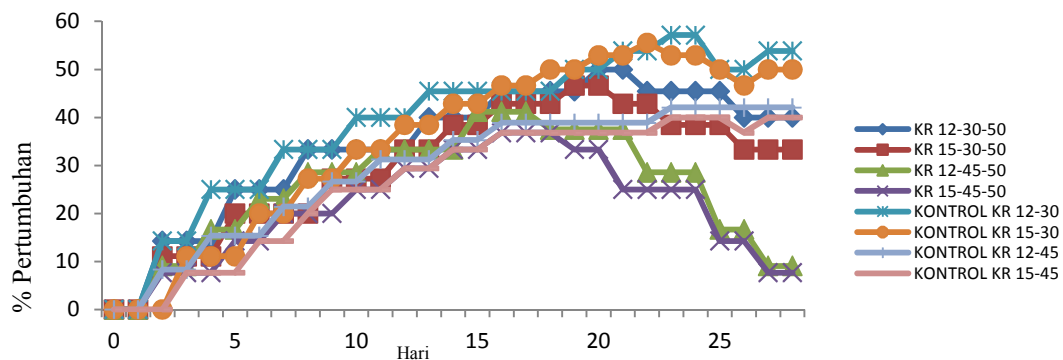
Nilai persentase pertumbuhan kontrol lebih besar dari tanaman yang diberi perlakuan paparan limbah *laundry*, hal ini membuktikan bahwa pencemar limbah *laundry* yang memiliki kandungan BOD dan COD yang tinggi memberikan dampak dan efek bagi pertumbuhan tinggi tanaman Kenaf di semua perlakuan.

Data persentase pertumbuhan tinggi tanaman kenaf menunjukkan bahwa antara perlakuan limbah *laundry* konsentrasi tinggi dan konsentrasi rendah memiliki dampak yang berbeda pada tinggi tanaman Kenaf. Tanaman yang merima perlakuan paparan pencemar limbah *laundry* konsentrasi tinggi memiliki persentase pertumbuhan yang lebih kecil dibandingkan perlakuan pada limbah *laundry* konsentrasi rendah. Hal ini dimungkinkan terjadi karena banyaknya kandungan fisik kimia pada limbah *laundry* konsentrasi yang lebih tinggi. Sedangkan pada limbah *laundry* konsentrasi lebih rendah kurang memiliki pengaruh terhadap pertumbuhan tanaman Kenaf.

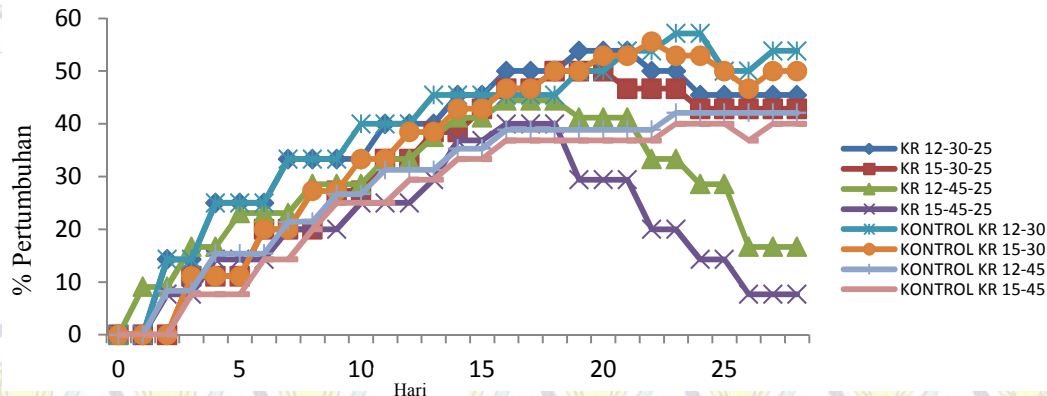
Jumlah Daun Tanaman Kenaf

Jumlah daun yang terdapat dalam suatu tanaman akan menggambarkan kondisi tanaman apakah dalam kondisi sehat ataupun mati. Daun juga merupakan organ utama yang melakukan fotosintesis yang selanjutnya akan menyusun biomassa (berat kering). Pada pengukuran jumlah daun ini adalah dihitung secara manual tiap tanaman setiap harinya selama proses penelitian.

Gambar 4.12 – 4.13 menunjukkan terdapat perbedaan antara persentase jumlah daun pada tanaman Kenaf terpapar limbah *laundry* konsentrasi tinggi dengan terpapar limbah *laundry* konsentrasi rendah. Gambar 4.12 menunjukkan tanaman Kenaf yang terpapar limbah *laundry* konsentrasi tinggi, jumlah daun lebih sedikit dibandingkan tanaman Kenaf terpapar limbah *laundry* konsentrasi rendah. Hal ini dapat disebabkan karena dalam limbah *laundry* konsentrasi tinggi memiliki kandungan pencemar BOD dan COD dengan nilai lebih tinggi dibandingkan limbah *laundry* konsentrasi rendah.



Gambar 4.12 Pertumbuhan Jumlah Daun Kenaf Terpapar Limbah konsentrasi tinggi



Gambar 4.13 Pertumbuhan Jumlah Daun Kenaf Terpapar Limbah laundry konsentrasi rendah

Gambar 4.12 - 4.13 menunjukkan persentase pertumbuhan jumlah daun hingga hari ke-28 penelitian. Tanaman Kenaf KR15 umur 45 hari memiliki persentase pertumbuhan jumlah daun sebesar 7,69% baik pada paparan limbah *laundry* konsentrasi tinggi dan konsentrasi rendah. Terjadi penurunan persentase pertumbuhan jumlah daun pada hari ke-22 atau pada umur kenaf 67 hari. KR15 umur 30 hari memiliki persentase pertumbuhan jumlah daun sebesar 33,33% dan 42,85% masing-masing pada limbah *laundry* konsentrasi tinggi dan konsentrasi rendah. KR12 umur 45 hari memiliki persentase pertumbuhan jumlah daun sebesar 9,09% dan 16,67% masing-masing pada limbah *laundry* konsentrasi tinggi dan konsentrasi rendah. kemudian KR12 umur 30 hari memiliki persentase sebesar 40% dan 45,45% masing-masing pada limbah *laundry* konsentrasi tinggi dan konsentrasi rendah. Gambar 4.14 - 4.15 juga menunjukkan adanya penurunan prosentase pertumbuhan jumlah daun khususnya pada perlakuan pemberian limbah rata-rata pada hari ke 22 penelitian. Hal ini dapat dimungkinkan karena faktor akumulasi tekanan pencemar dalam limbah *laundry* dan faktor cuaca yang ekstrim.

Sedangkan pada tanaman kontrol umur 30 hari memiliki persentase pertumbuhan jumlah daun yang cukup tinggi yaitu sebesar 53,84% dan 50% masing-masing pada kenaf KR 12 dan KR 15. Berbeda halnya dengan tanaman kontrol umur 45 hari yang menunjukkan persentase pertumbuhan jumlah daun yang lebih rendah dibandingkan kenaf umur 30 yaitu sebesar 42,10% dan 40% masing-masing pada kenaf KR 12 dan KR 15. Hal ini dimungkinkan karena tanaman kontrol kenaf umur 45 hari sudah tidak dalam pertumbuhan optimumnya lagi.

4.4.5 Berat Basah dan Berat Kering

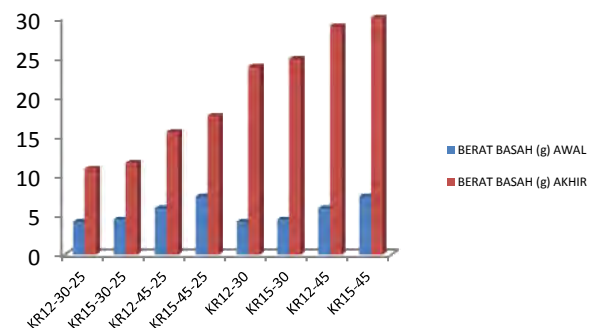
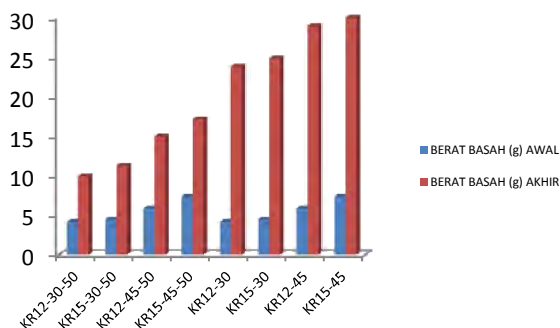
Biomassa tanaman merupakan ukuran yang paling sering digunakan untuk menggambarkan dan mempelajari pertumbuhan tanaman. Hal ini berdasarkan atas kenyataan bahwa taksiran biomassa (berat) tanaman relatif mudah diukur dan merupakan integrasi dari hampir semua peristiwa yang dialami tanaman. Berat basah

tanaman menunjukkan besarnya kandungan air dalam jaringan atau organ tumbuhan selain bahan organik (Hermawati, 2005).

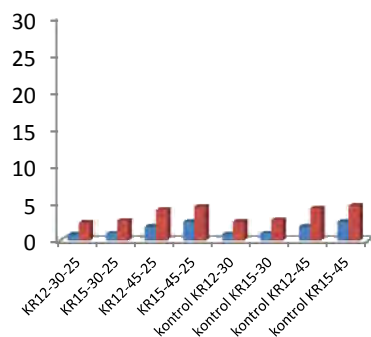
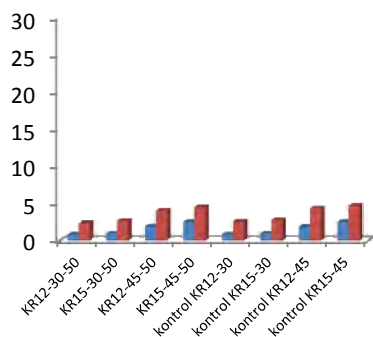
Berat kering tanaman merupakan ukuran yang paling sering digunakan untuk menggambarkan dan mempelajari pertumbuhan tanaman. Analisis berat kering dilakukan di awal dan di akhir penelitian. Analisis ini dilakukan untuk mengetahui apakah ada pengaruh dari limbah *laundry* dan perlakuan variabel dengan biomassa tanaman.

Tabel 4.2 Berat Basah dan Berat Kering Tanaman Kenaf

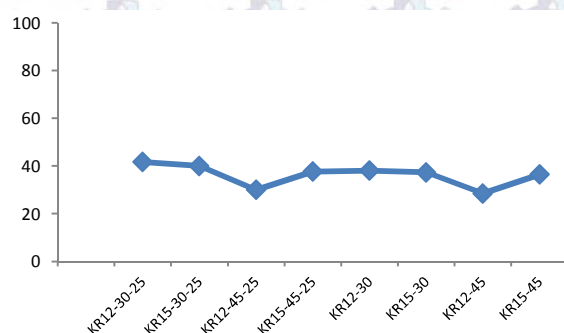
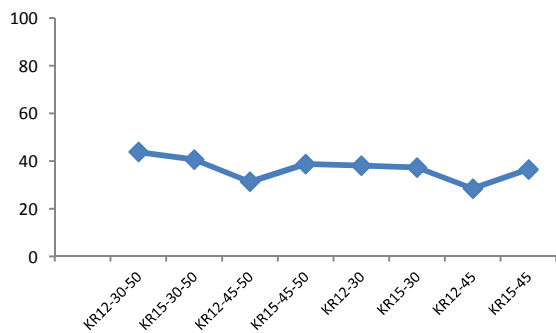
JENIS REAKTOR	BERAT BASAH (g)		BERAT KERING (g)		Kadar Air (%)
	AWAL	AKHIR	AWAL	AKHIR	
KR12-30-50	4.2	9.94	0.87	2.36	43.80
KR12-30-25	4.2	10.9	0.87	2.45	41.66
KR15-30-50	4.5	11.26	1.04	2.67	40.66
KR15-30-25	4.5	11.65	1.04	2.7	40.00
KR12-45-50	5.9	14.96	1.91	4.05	31.35
KR12-45-25	5.9	15.52	1.91	4.13	30.00
KR15-45-50	7.4	17.15	2.55	4.53	38.78
KR15-45-25	7.4	17.59	2.55	4.61	37.70
KR12-30 (Kontrol)	4.2	23.81	0.87	2.6	38.09
KR15-30 (Kontrol)	4.5	24.81	1.04	2.82	37.33
KR12-45 (Kontrol)	5.9	28.93	1.91	4.22	28.47
KR15-45 (Kontrol)	7.4	29.97	2.55	4.7	36.48



Gambar 4.14 Berat basah tanaman kenaf paparan limbah laundry konsentrasi tinggi dan konsentrasi rendah pada awal dan akhir penelitian



Gambar 4.15 Berat kering tanaman kenaf paparan limbah laundry konsentrasi tinggi dan konsentrasi rendah pada awal dan akhir penelitian



Gambar 4.16 Kadar air tanaman kenaf paparan limbah laundry konsentrasi tinggi dan konsentrasi rendah pada akhir penelitian

Gambar 4.14 menunjukkan bahwa berat basah tanaman kenaf antar perlakuan menunjukkan hasil yang berbeda nyata. Hal ini karena pemaparan limbah *laundry* konsentrasi tinggi dan konsentrasi rendah menyebabkan perbedaan penyerapan air dan penimbunan hasil fotosintesis. Peningkatan berat basah paling optimal ditunjukkan oleh tanaman kenaf KR15 umur 45 terpapar limbah *laundry* konsentrasi rendah dari 5,9 g ke 17,15 g. Tanaman kontrol menunjukkan nilai berat basah yang jauh lebih tinggi dibandingkan dengan tanaman kenaf yang mendapatkan perlakuan paparan limbah laundry. Namun demikian, pada nilai berat kering tanaman kontrol tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan dibandingkan tanaman perlakuan. Ini juga terlihat bahwa nilai kadar air pada tanaman kontrol justru menunjukkan nilai yang lebih rendah dibandingkan tanaman perlakuan (Gambar 4.16). Hal demikian

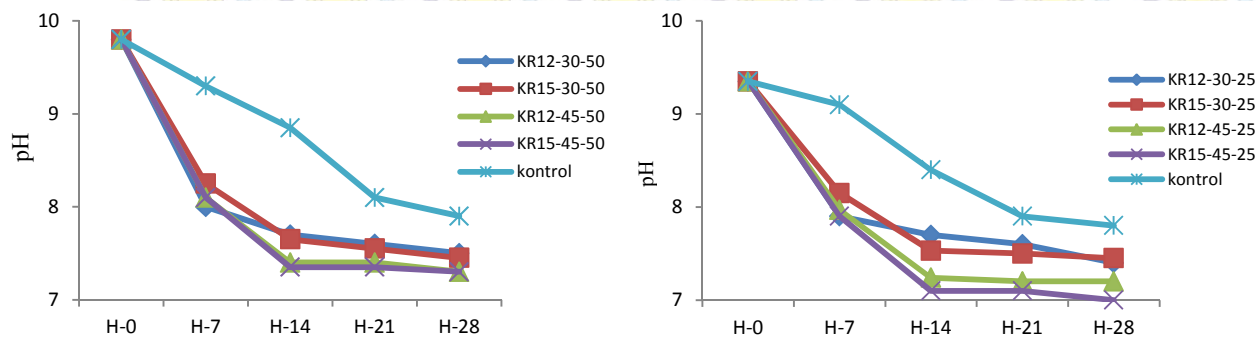
dimungkinkan karena komponen penyusun tanaman kontrol lebih banyak didominasi material penyusun tumbuhan selain kadar air seperti selulosa, hemiselulosa, pektin, dan lignin. Tanaman kontrol tidak mendapatkan paparan limbah *laundry* sehingga pertumbuhannya dapat lebih optimal, hal tersebut juga terlihat pada prosentase pertumbuhan tinggi tanaman kontrol yang tinggi pula.

Nilai berat kering menunjukkan pertumbuhan secara signifikan terjadi pada tanaman Kenaf yang terpapar oleh limbah *laundry* konsentrasi rendah. Sedangkan pada paparan limbah *laundry* konsentrasi tinggi pertumbuhan berat kering cenderung lebih rendah (Gambar 4.15). Hal tersebut menunjukkan bahwa terdapat pengaruh antara paparan limbah *laundry* dengan biomassa tanaman. Berat kering tanaman berbeda nyata menunjukkan adanya akumulasi senyawa organik yang berhasil disintesis tanaman antar perlakuan. Hal ini mungkin disebabkan adanya penghambatan pada awal fase pertumbuhan sehingga terjadi penurunan produksi biomassa secara nyata pada tanaman terpapar limbah *laundry* konsentrasi tinggi. Tinggi tanaman yang rendah dan jumlah daun yang sedikit kecil menyebabkan produk fotosintesis yang dihasilkan sebagai komponen tanaman berjumlah sedikit. Sedangkan tanaman dengan paparan limbah *laundry* konsentrasi rendah menunjukkan jumlah biomassa tinggi sehingga akan tumbuh lebih baik karena mampu menghasilkan bahan kering yang lebih banyak. Data berat kering dan berat basah selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran B.

Tanaman dalam kondisi air yang terbatas proses fotosintesisnya akan terhambat. Terhambatnya proses fotosintesis akan berdampak pada penurunan jumlah asimilat yang dibentuk oleh tanaman sehingga berpengaruh pada berat basah tanaman. Berat basah tanaman menunjukkan aktivitas metabolik tanaman. Nilai berat basah dipengaruhi oleh kadar air jaringan, unsur hara dan hasil metabolisme tanaman (Hermawati, 2005).

4.4.6 Analisis pH

Salah satu pengukuran yang sangat penting dalam penelitian ini adalah analisis pH, yaitu pengukuran ion hidrogen dalam suatu larutan. Pada penelitian ini pH limbah laundry diamati setiap 7 hari sekali. Tiap perlakuan diambil sampelnya kemudian diukur besar keasaman limbah. Tiap perlakuan yang memiliki ulangan, pH limbahnya hampir selalu tetap. Selisih pH tiap analisis hanya berkisar 0.1 – 0.5. Namun beberapa ulangan perlakuan ada yang memiliki selisih sampai 0.6. Gambar 4.17 menunjukkan nilai pH selama 28 hari penelitian.



Gambar 4.17 pH pada Limbah *laundry* konsentrasi tinggi dan konsentrasi rendah

pH merupakan faktor penentu yang saling menunjang aktivitas enzimatis enzim-enzim perombak alkylbenzensulfonate. Enzim perombak alkylbenzensulfonate bekerja optimal pada pH normal. Detergen di dalam air mengganggu karena larutan sabun akan menaikkan pH air. Nilai pH air limbah industri detergent sebelum pengenceran sebesar 11. Tingginya nilai pH sebelum pengenceran dimungkinkan karena dalam detergent terdapat penambahan zat yang bersifat alkalis yang dapat mengikat kotoran. Limbah detergent bersifat alkalis dan air ledeng yang digunakan untuk mengencerkan limbah detergent mengandung kapur. Adanya zat kapur di dalam air akan mengubah sistem penyangga (buffer) air dan memungkinkan perubahan nilai pH (Hermawati, 2005).

Nilai pH menunjukkan tinggi rendahnya konsentrasi ion hidrogen dalam air. Kemampuan air untuk mengikat atau melepaskan sejumlah ion hidrogen akan menunjukkan apakah perairan tersebut bersifat asam atau basa. Nilai pH perairan

dapat berfluktuasi karena dipengaruhi oleh aktivitas fotosintesis, respirasi organisme akuatik, suhu dan keberadaan ion-ion di perairan tersebut. Menurut Sulistyani dkk (2010) nilai pH air limbah laundry dapat mencapai nilai 9,6, sedangkan konsentrasi batas pada emisi air limbah laundry berkisar pada nilai pH 6-9 (Peraturan Gubernur Jatim No. 72, 2013).

Nilai derajat keasaman (pH), kandungan CO₂ dan ion bikarbonat dalam air limbah sangat berkaitan. CO₂ dapat mempengaruhi pH perairan dan dapat mempengaruhi kandungan bikarbonat. Hal ini berarti bahwa kehadiran CO₂ menghasilkan ion bikarbonat. Kandungan ion bikarbonat dan CO₂ akan membentuk sistem penyangga air. Jika penguraian CO₂ dan bikarbonat meningkat maka pH air menjadi sangat tinggi. Peningkatan CO₂ yang diduga akibat adanya penguraian dalam proses fotosintesis menyebabkan terbentuknya asam karbonat dan bikarbonat oleh adanya reaksi ikatan CO₂ dengan H₂O menjadi lebih sedikit, sehingga jumlah ion H⁺ yang dibebaskan dalam reaksi tersebut menjadi berkurang dengan berkurangnya kandungan ion H⁺ maka pH air meningkat (Hermawati, 2005).

Perbaikan nilai pH air limbah *laundry* terjadi pada setiap perlakuan. Penelitian kali ini, penurunan nilai pH dari pH basa ke pH normal diduga karena kemampuan tanaman Kenaf untuk menyerap unsur-unsur kimia baik organik maupun anorganik sehingga mencegah proses penguraian senyawa organik maupun anorganik melalui proses kimiawi oleh faktor lingkungan.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

1. Tanaman Kenaf mampu menyisihkan BOD, COD, dan fosfat yang terdapat dalam limbah *laundry*. Penyisihan tertinggi terjadi oleh tanaman Kenaf KR15 umur 45 pada paparan limbah *laundry* konsentrasi rendah yaitu sebesar 69,94% penyisihan BOD, 71,22% penyisihan COD, dan 63,26% penyisihan fosfat.
2. Tanaman Kenaf tetap mengalami peningkatan pertumbuhan selama paparan limbah *laundry* baik pertumbuhan tinggi maupun pertumbuhan jumlah daun tanaman kenaf.

5.2 Saran

Saran yang bisa diberikan adalah penelitian selanjutnya dapat juga dilakukan uji *phytotreatment* dengan menggunakan tanaman Kenaf terhadap pencemar lain dan dilakukan uji mikroba, uji pada media tanam, dan uji pada tanaman.

“Halaman Ini Sengaja dikosongkan”

DAFTAR PUSTAKA

- Budi, F.S. dan Purbasari. A. 2009. Pembuatan Pupuk Fosfat dari Batuan Fosfat Alam Secara Acidulasi. Teknik Kimia. Universitas Diponegoro. 30(2):92-9.
- Chojnacka, K., Chojnacki, A., Gorecka, H., dan Gorecki, H. 2005. Bioavailability of Heavy Metals from Polluted Soils to Plants. Science of The Total Environment. 337:175-182.
- Ciabatti, I., Cesaro, F., Faralli, L., Fatrella, E., dan Togotti, F. 2009. Demonstration of A Treatment System for Purification and Reuse of Laundry Wastewater. Desalination Journal. 245:451-459.
- Ginting, P. 2007. Sistem Pengelolaan Lingkungan dan Limbah Industri, Cetakan pertama. Yrama Widya. Bandung.
- Hardiani, H. 2009. Potensi Tanaman dalam Mengakumulasi Logam Cu Pada Media Tanah Terkontaminasi Limbah Padat Industri Kertas. BS. 44(1):27-40.
- Hera. 2003. Sodium Tripolyphosphate. Human & Environmental Risk Assessment on Ingredients of European Household Cleaning Products. London.
- Hermawati, E., Wiryanto dan Solichatun. 2005. Fitoremediasi Limbah Detergen Menggunakan Kayu Apu (*Pistia stratiotes* L.) dan Genjer (*Limnocharis flava* L.). UNS. Surakarta. Jurnal BioSMART Vol. 7, No. 2, Hal. 115-124.
- Khan, A.G., Kuek, C., Khoo, C.S., dan Hayes, W.J. 2000. Role of Plant, Mycorrhizae and Phytochelator in Heavy Metal Contaminated Land Remediation. Chemosphere. 41:197-207.
- Kholida, M. 2014. Mengenal Tanaman Kenaf (*Hibiscus cannabinus* L.) dan Bahan Tanamnya. Kementrian Pertanian Direktorat Jenderal Perkebunan, diakses pada 5 April 2015.
- Kim, H., Shang, X., Huang, J., dan Dempsey, B. 2014. Treating Laundry Waste Water: Cationic Polymers for Removal of Contaminants and Decreased Fouling in Microfiltration. Journal of Membrane Science. 456:167-174.
- Mangkoedihardjo, S. dan Samudro, G. 2014. Research Strategy on Kenaf for Phytoremediation of Organic Matter and Metals Polluted Soil. Advances in Environmental Biology. 8(17) : 64-67.
- Mangkoedihardjo, S. 2014. Remediation Technologies of Polluted Environment. Special Edition for Master of Engineering. Department of Environmental Engineering. Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
- Nasution, S.P dan Karnaningroem, N. 2013. Pemulihan Kualitas Air Limbah Laundry dengan Reaktor Biofilter. Jurusan Teknik Lingkungan ITS. Surabaya

- Panjaitan, R. 2008. Pengembangan Pemanfaatan Sabut Pinang untuk Pembuatan Asam Oksalat. Berita Litbang Industri Media Publikasi dan Komunikasi Peneliti Industri. 39(1).
- Philon-Smith, E. 2005. Phytoremediation Annual Review of Plant Biology. 56:15-39.
- Pratiwi, Y., Sunarsih, S., dan Windi, W. F. 2012. Uji Toksisitas Limbah Cair Laundry Sebelum dan Sesudah Diolah dengan Tawas dan Karbon Aktif Terhadap Bioindikator (*Cyprinus carpio* L). Prosiding Seminar Nasional Aplikasi Sains & Teknologi (SNAST) Periode III. Yogyakarta, 3 November 2012.
- Puspitahati, C. dan Bambang, D. 2012. Studi Kinerja Biosand Filter Dalam Mengolah Limbah Laundry dengan Parameter Fosfat. Jurusan Teknik Lingkungan ITS. Surabaya
- Rossiana, S., Titin D., dan Yayat. 2007. Fitoremediasi Limbah Cair dengan Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes* (Mart) Solms) dan Limbah Padat Industri Minyak Bumi dengan Sengon (*Paraserianthes falcataria* L. Nielsen) Bermikoriza. Universitas Padjajaran. Bandung.
- Salmin, 2005. Oksigen Terlarut (DO) Dan Kebutuhan Oksigen Biologi (BOD) Sebagai Salah Satu Indikator Untuk Menentukan Kualitas Perairan. Oseana. 30(3): 21-26
- Situmorang, M. 2007. Kimia Lingkungan. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Unimed. Medan. 17-95.
- Sulistiyani, E., dan Fitrianingtyas, M. 2010. Pengendalian Fouling Membrane Ultrafiltrasi Dengan System Automatic Backwash dan Pencucian Membran. Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Undip. Semarang.
- Sunu, P. 2001. Melindungi Lingkungan dengan Menerapkan ISO 14001. Grasindo. Jakarta.
- Tectona, J. 2011. Pemanfaatan Kayu Angsana (*Pterocarpus indicus*) Sebagai Arang Aktif untuk Pengolahan Limbah Laundry. Tugas Akhir, Jurusan Teknik Lingkungan FTSP-ITS. Surabaya.
- Wardhana, W.A. 2004. Dampak Pencemaran Lingkungan, Edisi Revisi, Penerbit Andi Yogyakarta.
- Yahya, F. 2010. Jurnal Studi Pengolahan Air Limbah Domestik Dengan Biofilter Aerasi menggunakan Media Bioball dan Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes*). Teknik Lingkungan. Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya.
- Yunarsih, M. 2013. Efektifitas Membran Khitosan dari Kulit Udang Galah (*Macrobrachium rosenbergii*) untuk Menurunkan Fosfat dalam Air Limbah Laundry. Tesis. Universitas Udayana. Denpasar.
- Yuniarti, T. 2008. Ensiklopedia Tanaman Obat Tradisional. MedPress. Yogyakarta.

LAMPIRAN A PROSEDUR PENELITIAN

1) Analisis Pertumbuhan Tinggi Tanaman Kenaf

- Pengukuran tinggi tanaman dilakukan setiap hari sampai tanaman berbunga yaitu pada usia 80 hari.
- Pengukuran dilakukan mulai pangkal batang sampai ujung daun tanaman tertinggi.

2) Analisis Pertumbuhan Jumlah Daun Tanaman Kenaf

- Pengamatan tinggi jumlah daun dilakukan setiap hari sampai tanaman berbunga yaitu pada usia 80 hari.
- Jumlah daun dihitung dengan menghitung semua daun, kecuali daun yang masih kuncup.

3) Analisis pH

1. Dikeluarkan elektroda kedalam sampel sampai pH meter menunjukkan pembacaan yang tetap
2. Dicatat hasil pembacaan skala atau angka pada tampilan dari pH meter

4) Analisis Berat Basah dan Berat Kering Tanaman Kenaf

Analisis biomassa dilakukan untuk mengukur berat basah dan berat kering tumbuhan. Analisis ini dilakukan sekali di awal dan di akhir penelitian. Analisis berat kering adalah sebagai berikut.

1. Tumbuhan diambil dari media tanam, lalu dibersihkan dari kotoran yang menempel di permukaan tumbuhan dengan menggunakan tisu
2. Pengukuran berat kering dilakukan dengan meletakkan tumbuhan di oven pengering pada suhu 70°C selama 48 jam
3. Tumbuhan distabilkan suhunya agar sama dengan suhu ruangan dengan meletakkan ke dalam desikator selama 1 jam
4. Tumbuhan ditimbang dengan neraca analitik

5) Analisis Fosfat (Metoda Klorid Timah)

1. Ambil 2 buah Erlenmeyer 100 mL isi masing-masing dengan sampel air dan aquadest (sebagai blanko) sebanyak 25 mL
2. Tambahkan 1 mL larutan Ammonium Molibdate
3. Tambahkan 2-3 tetes larutan klorid timah
4. Aduk dan biarkan selama 7 menit
5. Baca spektrofotometer dengan panjang gelombang 650 μm .
6. Absorbansi hasil pembacaan, dihitung dengan rumus hasil kalibrasi atau dibaca dengan kurva kalibrasi

6). Analisis *Biological Oxygen Demand* (Metoda Respirometri)

1. Siapkan 2 buah botol DO, tandai masing-masing botol dengan notasi X_0 dan X_5
2. Masukkan larutan contoh uji ke dalam masing-masing botol DO X_0 dan X_5 sampai meluap, kemudian tutup masing-masing botol secara hati-hati untuk menghindari terbentuknya gelembung udara.
3. Lakukan pengocokan beberapa kali, kemudian tambahkan air bebas mineral pada sekitar mulut botol DO yang telah ditutup.
4. Simpan botol X dalam lemari incubator 20°C selama 5 hari.
5. Lakukan pengukuran oksigen terlarut terhadap larutan dalam botol X_0 dengan alat respirometer yang telah terkalibrasi. Hasil pengukuran merupakan nilai oksigen terlarut nol hari (X_0).
6. Ulangi pengukuran diatas untuk botol X_5 yang telah diinkubasi 5 hari. Hasil pengukuran merupakan nilai oksigen terlarut 5 hari (X_5).
7. Lakukan pengukuran juga untuk penetapan blanko dengan menggunakan larutan pengencer tanpa contoh uji. Hasil pengukuran merupakan nilai oksigen terlarut nol hari (B_0) dan nilai oksigen terlarut 5 hari (B_5).
8. Hitung nilai BOD dengan rumus

$$\text{BOD}_5^{20} (\text{mg/l}) = \frac{[(X_0 - X_5) - (B_0 - B_5)] \times (1 - P)}{P}$$

Keterangan :

X_0 = DO sampel pada $t = 0$ hari

X_5 = DO sampel pada $t = 5$ hari

B_0 = DO blanko pada $t = 0$ hari

B_5 = DO blanko pada $t = 5$ hari

P = Perbandingan volume contoh uji per volume total

7). Analisis *Biological Oxygen Demand* (Metoda Titrimetri)

- Menentukan pengenceran. Untuk menganalisis BOD harus diketahui besarnya pengenceran melalui angka COD sebagai berikut.

$$P = \frac{\text{Angka COD}}{3 \text{ atau } 5}$$
- Menyiapkan 1 buah labu takar 500 ml dan menuangkan sampel sesuai perhitungan pengenceran, lalu menambahkan air pengencer sampai batas labu
- Menyiapkan 2 buah botol winkler 300 ml dan 2 buah botol winkler 150 ml
- Menuangkan air dalam labu takar tadi ke dalam botol winkler 300 ml dan 100 ml sampai tumpah
- Menuangkan air pengencer ke botol winkler 300 ml dan 150 ml sebagai blanko sampai tumpah
- Memasukkan kedua botol winkler 300 ml ke dalam inkubator 20°C selama 5 hari.
- Kedua botol winkler 150 ml yang berisi air dianalisis oksigen terlarutnya dengan prosedur sebagai berikut.
 - Menambahkan 1 ml larutan mangan sulfat
 - Menambahkan 1 ml larutan pereaksi oksigen
 - Menutup botol dengan hati-hati lalu dibolak-balikkan beberapa kali
 - Membiarkan gumpalan mengendap selama 5-10 menit
 - Menambahkan 1 ml asam sulfat pekat, lalu ditutup dan dibolak-balikkan
 - Menuangkan 100 ml larutan ke dalam erlenmeyer 250 ml
 - Menitrasi dengan Natrium thiosulfat 0,0125 N sampai menjadi warna coklat muda
 - Menambahkan 3-4 tetes indikator amilum dan titrasi dengan natrium thiosulfat hingga warna biru hilang
- Setelah 5 hari, menganalisis kedua larutan dalam botol winkler 300 ml dengan analisis oksigen terlarut
- Hitung oksigen terlarut dan BOD dengan rumus berikut.

$$OT \text{ (mg O}_2\text{/l)} = \frac{a \times N \times 8000}{100 \text{ ml}}$$

Keterangan :

a = volume titran (ml)

N = Normalitas larutan Na-thiosulfat = 0,0125 N

100 ml = volume sampel yang digunakan dalam titrasi

$$BOD_5^{20} \text{ (mg/l)} = \frac{\{(X_0 - X_5) - (B_0 - B_5)\} \times (1 - P)}{P}$$

$$P = \frac{\text{ml sampel}}{\text{volume hasil pengenceran (500 ml)}}$$

Keterangan :

X₀ = DO sampel pada t = 0 hari

X₅ = DO sampel pada t = 5 hari

B₀ = DO blanko pada t = 0 hari

B₅ = DO blanko pada t = 5 hari

P = derajat pengenceran

8) Analisis *Chemical Oxygen Demand* (Metoda Refluks Tertutup)

1. Pipet sejumlah sampel dan tambahkan digestion solution Tutup tabung dan kocok perlahan sampai homogen
2. Letakkan tabung pada pemanas pada suhu 150 C, lakukan refluks tertutup selama 2 jam
3. Dinginkan perlahan-lahan larutan sampel yang sudah direfluks sampai suhu ruang untuk mencegah terbentuknya endapan.
4. Biarkan suspensi mengendap dan pastikan bagian yang diukur benar-benar jernih
5. Gunakan pereaksi air sebagai larutan referensi
6. Ukur serapan larutan sampel uji pada panjang gelombang yang telah ditentukan (420 nm)
7. Hitung kadar COD berdasarkan persamaan regresi linier yang terbentuk pada kurva kalibrasi.

LAMPIRAN B
DATA HASIL ANALISA

1. Data Pertumbuhan Tanaman Kenaf

Berikut adalah hasil pengukuran tinggi tanaman Kenaf dan jumlah daun kenaf selama 75 hari :

HARI	TINGGI (cm)		JUMLAH DAUN	
	KR12	KR15	KR12	KR15
1	0	0	0	0
2	3	2	1	1
3	4	4	1	1
4	5	6	1	1
5	7	8	1	1
6	8	10	1	1
7	8	12	2	1
8	12	14	2	2
9	14	16	2	2
10	14	18	2	2
11	16	18	2	2
12	18	20	2	2
13	18	20	2	2
14	20	22	2	2
15	24	25	3	4
16	26	28	3	4
17	30	33	4	5
18	34	36	4	6
19	34	37	5	6
20	39	41	5	6
21	41	43	5	6
22	41	45	5	6
23	43	46	5	7
24	43	48	6	7
25	46	50	6	7
26	46	51	6	8
27	48	52	6	8
28	48	53	6	8
29	49	54	6	8
30	51	55	6	8
31	52	56	6	8
32	52	59	7	8
33	54	61	7	8
34	56	64	7	9
35	58	64	7	9

36	58	65	8	9
37	60	65	8	10
38	60	67	8	10
39	62	67	8	10
40	62	68	8	10
41	62	69	9	10
42	64	69	9	10
43	64	69	9	11
44	64	70	9	11
45	66	72	9	11
46	66	74	9	11
47	66	74	9	11
48	68	75	10	12
49	68	76	10	12
50	68	76	11	12
51	68	77	11	13
52	70	77	11	13
53	70	79	11	13
54	70	79	12	14
55	72	79	12	14
56	72	80	12	14
57	72	80	13	14
58	74	81	13	15
59	74	81	14	15
60	76	82	14	15
61	76	82	16	16
62	78	84	16	17
63	80	84	18	17
64	80	86	18	19
65	82	86	18	19
66	82	88	18	19
67	84	88	18	19
68	84	88	18	19
69	85	88	18	19
70	85	89	19	20
71	87	89	19	20
72	87	90	19	20
73	88	90	19	20
74	88	90	19	20
75	88	90	19	20

1. Data Analisa BOD (mg/L)

HARI	KR12-30-50	KR12-30-25	KR15-30-50	KR15-30-25	KR12-45-50	KR12-45-25	KR15-45-50	KR15-45-25	KONTROL (konsentrasi tinggi)	KONTROL (konsentrasi rendah)
0	420.89	390.7	420.89	390.7	420.89	390.7	420.89	390.7	420.89	390.7
7	299.34	277.09	289.82	259.84	260.96	239.45	251.23	224.01	320.22	295.64
14	254.98	234.33	246.71	217.89	224.52	201.18	211.03	190.02	300.45	259.26
21	194.48	140.51	178.01	134.26	142.85	126.35	131.77	120.02	285.22	247.02
28	170.15	128.06	162.34	124.6	142.06	125.28	130.95	117.43	277.59	242.59

2. Analisa COD (mg/L)

HARI	KR12-30-50	KR12-30-25	KR15-30-50	KR15-30-25	KR12-45-50	KR12-45-25	KR15-45-50	KR15-45-25	KONTROL (konsentrasi tinggi)	KONTROL (konsentrasi rendah)
0	1012.24	853.27	1012.24	853.27	1012.24	853.27	1012.24	853.27	1012.24	853.27
7	749.84	612.01	713.87	590.22	669.22	546.98	631.21	523.5	801.03	658.42
14	659.6	502.92	634.57	488.9	586.87	468.36	574.52	399.84	750.22	590.1
21	468.66	343.6	436.19	321.81	338.15	270.59	303.56	252.77	731.76	589.08
28	417	306.26	397.19	289.38	333.95	265.59	293.56	245.51	727.25	580.65

4. Analisa Fosfat (mg/L)

HARI	KR12-30-50	KR12-30-25	KR15-30-50	KR15-30-25	KR12-45-50	KR12-45-25	KR15-45-50	KR15-45-25	KONTROL (konsentrasi tinggi)	KONTROL (konsentrasi rendah)
0	1.125	0.715	1.125	0.715	1.125	0.715	1.125	0.715	1.125	0.715
7	0.844	0.515	0.801	0.498	0.66	0.404	0.599	0.365	0.923	0.575
14	0.73	0.44	0.68	0.419	0.548	0.342	0.516	0.312	0.876	0.544
21	0.677	0.366	0.611	0.341	0.494	0.29	0.443	0.264	0.833	0.517
28	0.657	0.355	0.595	0.322	0.493	0.288	0.441	0.262	0.831	0.512

5. Data Analisa Respon Pertumbuhan Tanaman Kenaf saat Penetian Utama (Uji *phytotreatment*)

a). Analisa tinggi tanaman kenaf (cm)

Hari	KR12-30-50	KR12-30-25	KR15-30-50	KR15-30-25	KR12-45-50	KR12-45-25	KR15-45-50	KR15-45-25	KONTROL KR 12-30	KONTROL KR 15-30	KONTROL KR 12-45	KONTROL KR 15-45
0	51	51	53	53	64	64	67	67	51	53	64	67
1	52	53	54	54	65	65	68	68	52	54	65	69
2	53	53	54	55	65	65	68	68	53	55	66	70
3	54	54	55	55	66	66	69	69	54	56	68	72
4	54	55	56	56	66	67	69	69	54	57	70	73
5	55	55	56	57	67	67	70	70	55	57	70	73
6	56	55	57	57	67	68	71	71	56	59	72	75
7	57	56	57	58	68	69	73	73	58	61	72	75
8	58	56	58	60	69	70	73	74	60	62	75	76
9	58	57	58	61	70	70	75	75	61	63	75	77
10	59	57	59	61	71	72	76	76	62	64	77	79
11	59	58	60	62	72	73	77	76	63	65	77	80
12	59	58	61	63	74	74	79	77	63	66	79	80
13	60	59	61	64	77	75	80	81	64	67	79	84
14	60	59	63	66	78	77	81	83	64	68	80	85
15	61	62	64	67	79	79	83	85	65	68	83	88
16	61	63	64	67	79	80	83	85	65	68	83	88
17	62	63	64	68	79	79	83	85	65	68	83	88
18	62	64	66	68	80	80	83	85	65	68	84	88
19	62	64	66	68	80	80	83	85	65	70	84	89
20	64	64	68	70	80	81	83	85	67	70	84	89
21	64	66	68	70	81	81	84	86	67	70	86	89
22	66	66	69	70	82	82	84	86	68	72	86	90
23	66	67	69	71	82	82	84	86	68	72	86	90

24	66	68	70	71	82	84	85	87	70	72	86	90
25	68	68	70	72	84	84	85	87	70	74	88	92
26	68	70	71	72	84	84	85	88	72	74	88	92
27	70	70	72	73	84	85	85	88	72	74	90	92
28	70	72	72	73	84	85	85	88	74	74	90	92

b). Analisa jumlah daun tanaman kenaf

Hari	KR12-30-50	KR12-30-25	KR15-30-50	KR15-30-25	KR12-45-50	KR12-45-25	KR15-45-50	KR15-45-25	KONTROL KR 12-30	KONTROL KR 15-30	KONTROL KR 12-45	KONTROL KR 15-45
0	6	6	8	8	10	10	12	12	6	8	11	12
1	6	6	8	8	10	11	12	12	6	8	11	12
2	7	7	9	8	11	11	13	13	7	8	12	12
3	7	7	9	9	11	12	13	13	7	9	12	13
4	7	8	9	9	12	12	13	14	8	9	13	13
5	8	8	10	9	12	13	14	14	8	9	13	13
6	8	8	10	10	13	13	14	14	8	10	13	14
7	8	9	10	10	13	13	15	15	9	10	14	14
8	9	9	10	10	14	14	15	15	9	11	14	15
9	9	9	11	11	14	14	15	15	9	11	15	16
10	9	9	11	11	14	14	16	16	10	12	15	16
11	9	10	11	12	15	15	16	16	10	12	16	16
12	9	10	12	12	15	15	17	16	10	13	16	17
13	10	10	12	13	15	16	17	17	11	13	16	17
14	10	11	13	13	15	17	18	19	11	14	17	18
15	10	11	13	14	17	17	18	19	11	14	17	18
16	11	13	14	15	17	18	19	20	11	15	18	19
17	11	12	14	15	17	18	19	20	11	15	18	19
18	11	12	14	16	16	18	19	20	11	16	18	19

19	11	13	15	16	16	17	18	17	12	16	18	19
20	12	13	15	16	16	17	18	17	12	17	18	19
21	12	13	14	15	16	17	16	17	13	17	18	19
22	11	12	14	15	14	15	16	15	13	18	18	19
23	11	12	13	15	14	15	16	15	14	17	19	20
24	11	11	13	14	14	14	16	14	14	17	19	20
25	11	11	13	14	12	14	14	14	12	16	19	20
26	10	11	12	14	12	12	14	13	12	15	19	19
27	10	11	12	14	11	12	13	13	13	16	19	20
28	10	11	12	14	11	12	13	13	13	16	19	20

6. Data Analisa pH

Berikut adalah hasil analisa pH selama uji *phytotreatment*;

HARI	KR12-30-50	KR12-30-25	KR15-30-50	KR15-30-25	KR12-45-50	KR12-45-25	KR15-45-50	KR15-45-25	KONTROL (konsentrasi tinggi)	KONTROL (konsentrasi rendah)
0	9.8	9.35	9.8	9.35	9.8	9.35	9.8	9.35	9.8	9.35
7	8	7.9	8.25	8.15	8.1	7.97	8.1	7.9	9.3	9.1
14	7.7	7.69	7.65	7.53	7.4	7.24	7.35	7.1	8.85	8.4
21	7.6	7.6	7.55	7.5	7.4	7.2	7.35	7.1	8.1	7.9
28	7.5	7.4	7.45	7.45	7.3	7.2	7.3	7	7.9	7.8

LAMPIRAN C
HASIL Uji ANOVA DAN Uji BNT

UJI ANOVA dan Uji BNT BOD

SK	db	JK	KT	F HIT	F TAB	
					5%	1%
Ulangan	2	39.092	19.546	1.253	3.555	6.013
Perlakuan	9	81504.417	9056.046	580.402	2.456	3.597
Galat	18	280.855	15.603			
Total	29	81824.364				

Faktor Koreksi 788376.594

Perlakuan	Nilai	Notasi
KR12-30-50	170.15	c
KR12-30-25	128.06	a
KR15-30-50	162.34	c
KR15-30-25	124.6	a
KR12-45-50	142.06	b
KR12-45-25	125.28	a
KR15-45-50	130.95	b
KR15-45-25	117.43	a
LIMBAH 25%	242.59	d
LIMBAH 50 %	277.59	e

notasi yang sama = tidak berbeda signifikan

UJI ANOVA dan Uji BNT COD

SK	db	JK	KT	F HIT	F TAB	
					5%	1%
Ulangan	2	64.125	32.062	0.592	3.555	6.013
Perlakuan	9	649831.145	72203.461	1332.521	2.456	3.597
Galat	18	975.341	54.186			
Total	29	650870.610				

Faktor Koreksi 4461469.160

Perlakuan	N rata2	Notasi
KR12-30-50	417	e
KR12-30-25	306.26	c
KR15-30-50	397.19	e
KR15-30-25	289.38	b
KR12-45-50	333.95	d
KR12-45-25	265.59	a
KR15-45-50	293.56	b
KR15-45-25	245.51	a
LIMBAH 50 %	727.25	g
LIMBAH 25%	580.65	f

notasi yang sama = tidak berbeda signifikan

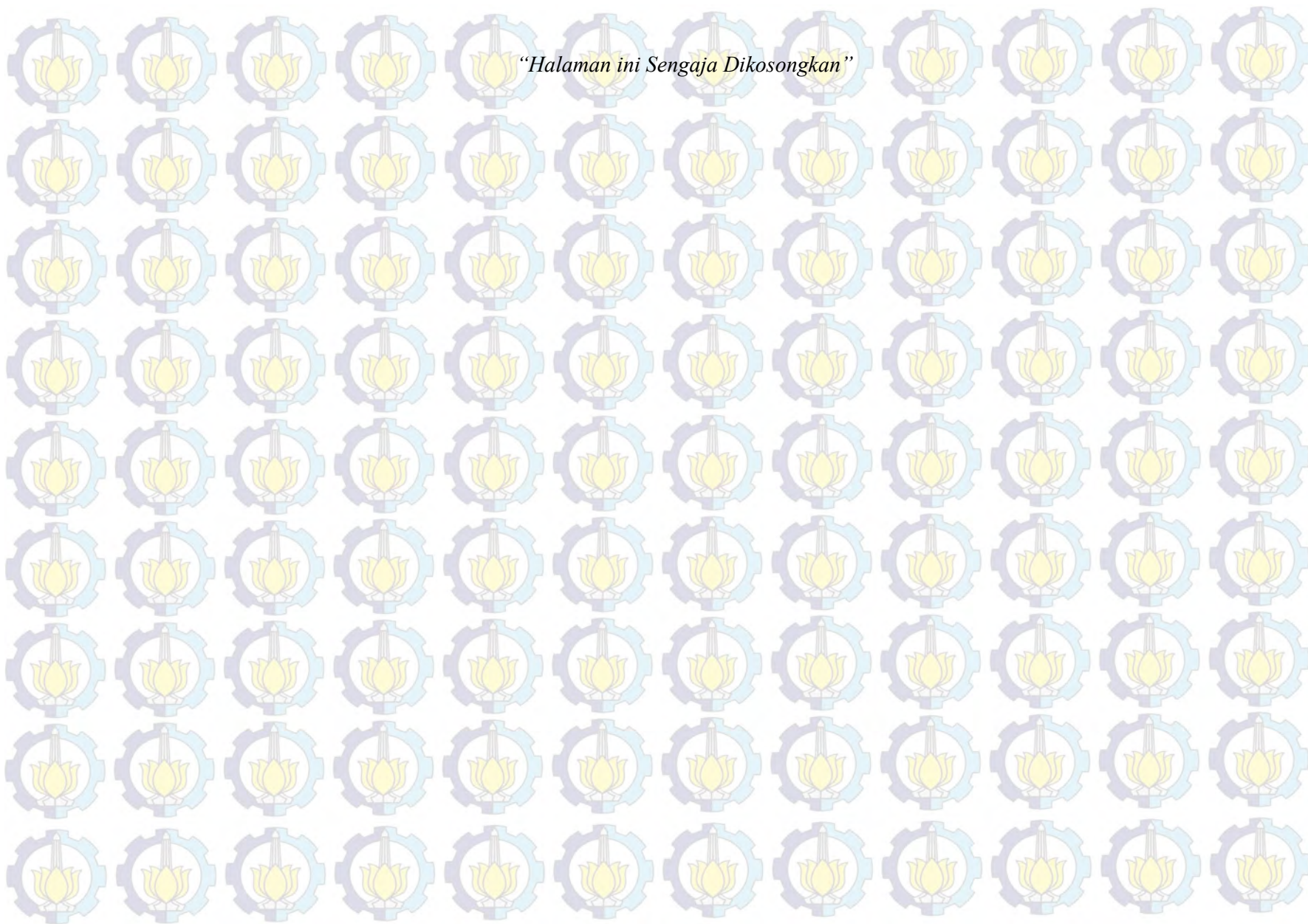
UJI ANOVA dan Uji BNT FOSFAT

SK	db	JK	KT	F HIT	F TAB	
					5%	1%
Ulangan	2	0.000	0.000	0.070	3.555	6.013
Perlakuan	9	0.886	0.098	119.527	2.456	3.597
Galat	18	0.015	0.001			
Total	29	0.901				

Faktor Koreksi 6.794

Perlakuan	Nilai	Notasi
KR12-30-50	0.72	d
KR12-30-25	0.355	b
KR15-30-50	0.595	d
KR15-30-25	0.322	b
KR12-45-50	0.493	c
KR12-45-25	0.288	a
KR15-45-50	0.441	c
KR15-45-25	0.262	a
LIMBAH 50 %	0.831	e
LIMBAH 25%	0.512	c

notasi yang sama = tidak berbeda signifikan





CERTIFICATE

No. 112/XI/ICGRC/2015

This is certify that

Luqman Hakim, S.Si

has participated at

**6th International Conference on Global Resource Conservation
(ICGRC) 2015**

“Green Campus: Centre of Excellent for Biodiversity Conservation”

as **ORAL PRESENTER**

*November 30th, 2015 at Widyaloka Convention Hall, University of Brawijaya
Malang - Indonesia*

UB Rector

Prof. Dr. Ir. Mohammad Bisri, MS

Chairman



Rodiyati Azrianingsih, Ph.D

BIOGRAFI PENULIS



Luqman Hakim lahir pada tanggal 26 Oktober 1992 di Surabaya, Jawa Timur. Setelah menamatkan pendidikan Sekolah Menengah Atas di Madrasah Bertaraf Internasional Amanatul Ummah, Pacet, Mojokerto Tahun 2010, Penulis melanjutkan studi Sarjana di Jurusan Biologi, Universitas Diponegoro, Semarang.

Semasa perkuliahan penulis cukup aktif terlibat dalam sebuah kegiatan organisasi, yaitu antara lain sebagai Staff Departemen Informasi Komunikasi Himpunan Mahasiswa Biologi UNDIP 2011 dan Staff Departemen Human Resource Development Research Incubator Center UNDIP 2012. Setelah menamatkan pendidikan Sarjana (S1) Tahun 2014, Penulis melanjutkan studi di Magister Teknik Lingkungan Institut Negeri Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya. Penulis lulus sebagai Magister Teknik Lingkungan pada Tahun 2016.